

Проект REPRAP

устройство, принципы работы и применение аддитивных систем производства индивидуального использования.

Изучения основных положений проекта REPRAP и технологий создания физического объекта на основе данных компьютерной модели с помощью аддитивных технологий (3D-печати). Программа предназначена для научно-педагогических работников образовательных учреждений (преподавателей технологий), а также лиц, намеренных использовать применение аддитивных технологий в малом и среднем бизнесе, индивидуальном производстве и специалистов в данной области.

Для достижения указанной цели предлагается решение следующих задач:

- изучение истории возникновения и развития открытого программного и аппаратного обеспечения и возникновения проекта REPRAP;
- изучение основных принципов аддитивных технологий;
- изучение истории развития аддитивных технологий и области их применения;
- ознакомление с видами 3D принтеров, построенных на принципах проекта REPRAP и особенностями их программного и аппаратного обеспечения;
- ознакомление с наиболее распространенными видами материалов для 3D печати;
- ознакомление с современным свободно распространяемым или бесплатным программным обеспечением для подготовки трехмерных моделей и печати на 3D принтере;
- обучение особенностям использования программного обеспечения на примере программ Cura, PrintRun;
- освоение принципов работы с использованием 3D принтера (настройка, калибровка, операции запуска, печати, смены материалов, выключения 3D принтера);
- освоение полного цикла изготовления физической трехмерной модели объекта;
- изучение причин возникновения дефектов 3D печати и методы их устранения;
- изучение наиболее распространенных методов послепечатной обработки моделей;
- формирование навыков по самостоятельному обслуживанию, ремонту и усовершенствованию имеющегося оборудования и созданию нового с требуемыми характеристиками с использованием открытых ресурсов.

Таким образом, посредством программы формируется понимание основ аддитивных технологий, современных методов и инструментов 3D печати, особенностей 3D принтеров индивидуального использования.

Оглавление	6.
Об авторе – составителе курса	7.

ЧАСТЬ 1

устройство аддитивных систем производства индивидуального использования, построенных на основе проекта REPRAP

Оглавление	8.
Введение.....	9.
Глава 1. Какие технологии создания предметов применяются при 3d- печати?	24.
Глава 2. Как устроен 3d–принтер reprap? Основной узел принтера – экструдер.....	38.
Глава 3. Узлы линейного перемещения (актуаторы)	51.
Глава 4. Рама (шасси) 3d- принтера	58.
Глава 5. Рабочая платформа	65.
Глава 6. Электроника.....	74.
Глава 7. Проводка reprap; подключения соединения	86.
Заключение к 1 части	90.
Приложение 1. Манифест gnu	92.
Задания для самостоятельной работы	99.

ЧАСТЬ 2

Принципы работы аддитивных систем производства индивидуального применения, построенных на основе проекта reprap

3d- принтер и программное обеспечение

Оглавление	101.
Предисловие.....	102.
Введение.....	103.
Глава 1. Что такое формат stl?	105.
Глава 2. Обзор программ 3d- моделирования.....	109.
Глава 3. Исправление stl. Программа netfabb.....	145.
Глава 4. Программы-слайсеры. Cura.....	177.
Глава 5. G-код, основные понятия.....	207.
Глава 6. Микроконтроллер arduino.....	221.
Глава 7. Прошивка marlin (firmware)	229.
Глава 8. Программа printrun, точная настройка прошивки принтера.....	249.
Приложение 2. Шаговые двигатели.....	265.
Заключение ко 2 части.....	292.
Задания для самостоятельной работы.....	294.

ЧАСТЬ 3

**Проблемы использования аддитивных систем производства индивидуального применения,
построенных на основе проекта REPRAP**

Оглавление	297.
Введение.....	298.
Глава 1. Материалы для создания предметов, применяемые при 3D- печати.....	299.
Глава 2. Основные особенности выбора материалов, применяемых при 3D- печати.....	320.
Глава 3. Построение профиля печати.....	337.
Глава 4. Обзор типичных дефектов, возникающих при 3d- печати моделей, анализ причин их возникновения и методики устранения.....	368.
Глава 5. Послепечатная обработка моделей.....	410.
Приложение 3. Эксперты о 3D- печати.....	440.

ЧАСТЬ 4

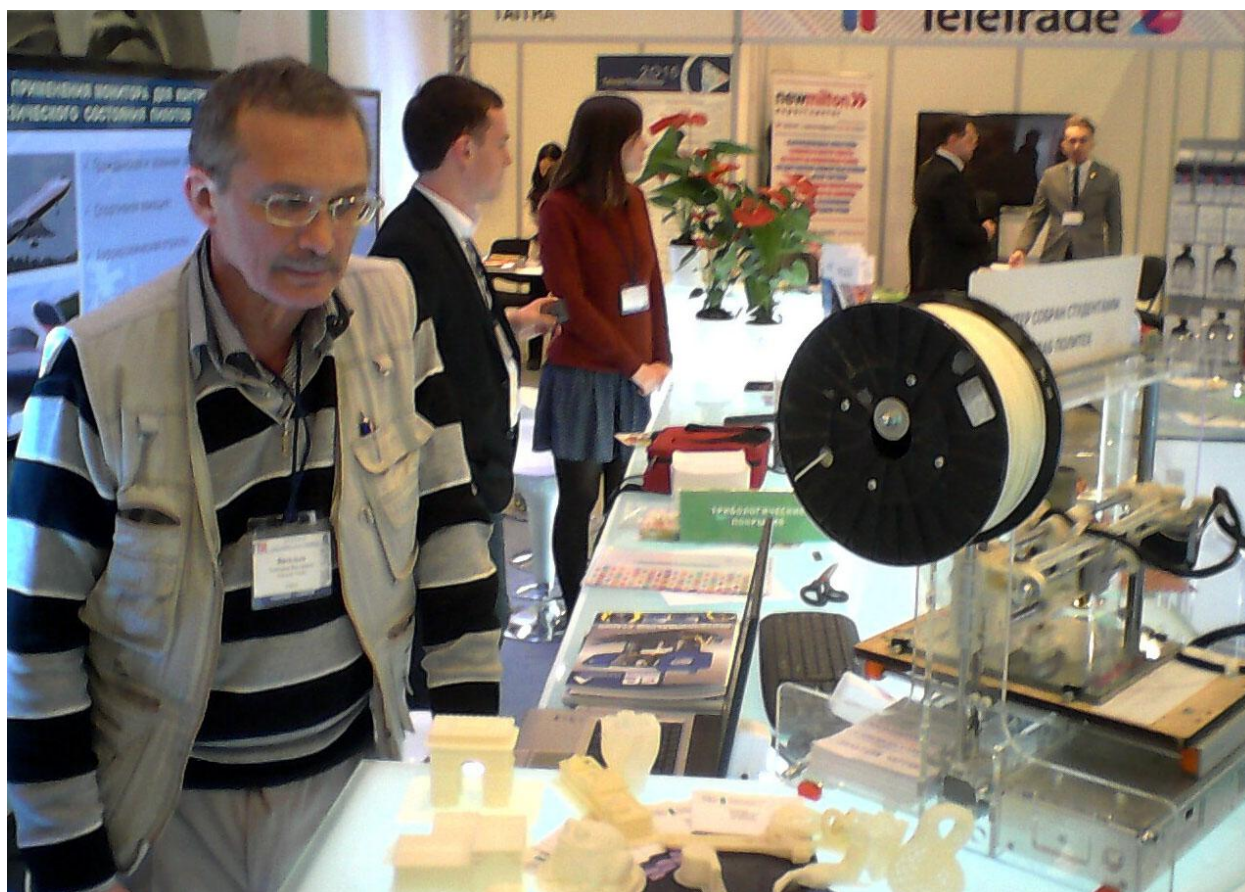
Использование 3D- моделей, созданных с помощью систем аддитивных систем производства индивидуального использования, построенных на основе проекта REPRAP

Оглавление	449.
Глава 1. Использование 3D- моделей для литья.....	450.
Глава 2. Обработка 3D- моделей методом гальванопластики.....	486.
Глава 3. Окраска 3D- моделей традиционным способом.....	498.
Глава 4. Окраска 3D- моделей аэрографом.....	507.
Заключение к 4 части.....	516.

ДОПОЛНЕНИЕ

Использование аддитивных систем производства индивидуального применения как средства заработка.....	518.
---	------

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И РЕСУРСОВ.....	530.
--	------



Об авторе – составителе курса

Васильев Александр Викторович, выпускник ЛИАП 1979 года, инженер - электромеханик.

Работал инженером - испытателем в корпусе мощных турбогенераторов (КМТ) ЛЭО «Электросила», инженером - регулировщиком РЭА СВЧ НПО «Ленинец».

После развала СССР перешёл на работу инженером – регулировщиком РЭА в АОЗТ «ИПРИС», международные полиграфические системы, сертифицирован как сервис – инженер «RANK XEROX».

В 1998 году организовал собственное малое предприятие – копи-центр «Копирус», WWW.COPYRUS.BESTS.RU, специализирующийся на работе с технической документацией.

В 2008 году заинтересовался вопросами 3D- печати. За это время собрал более 30 различных версий 3D- принтеров, принимал участие в работе инициативных групп, связанных с вопросами 3D- печати, таких, как «3D- механика», «ФабЛаб Политех». Принимал участие в 9 выставочных мероприятиях, консультировал ООО «Ленполиграфмаш» по вопросам проектирования промышленной версии 3D- принтера «SoloPrint».

ЧАСТЬ 1

устройство аддитивных систем производства индивидуального использования, построенных на основе проекта REPRAP

ОГЛАВЛЕНИЕ	8.
Введение.....	9.
Глава 1. Какие технологии создания предметов применяются при 3D- печати?	24.
Глава 2. Как устроен 3D–принтер REPRAP? Основной узел принтера – экструдер	38.
Глава 3. Узлы линейного перемещения (АКТУАТОРЫ)	51.
Глава 4. Рама (ШАССИ) 3D- принтера	58.
Глава 5. Рабочая платформа	65.
Глава 6. Электроника	74.
Глава 7. Проводка RepRap; подключения и соединения	86.
Заключение к 1 части	90.
Приложение 1. Манифест GNU	92.
Задания для самостоятельной работы	99.

ВВЕДЕНИЕ

Сейчас о 3D-принтерах и 3D- печати не говорят только те, кто ещё не научился говорить - то есть дети до 3х-летнего возраста. В основном же об этом говорят как раз ленивые и зачастую не понимающие люди. В газетах, журналах, на телевидении и, особенно, в интернете количество самой разной информации растёт стремительно и в геометрической прогрессии. Большая часть этой информации представляет из себя «жаренные» факты, непроверенные и недостоверные. Под терминами «3D- принтер» и «3D- печать», которые используются в СМИ, скрываются самые разные понятия, зачастую противоречащие друг другу. Подобное произошло и в области обычной теперь листовой (2х-мерной) печати, когда в жизнь вошёл копировальный аппарат. У нас в стране все, кто пользуется копировальным аппаратом, говорят «отксерить документ», хотя правильно этот процесс называется электрография, а XEROX- название фирмы, впервые выпустившей такие аппараты. Кстати, в Японии вместо термина «отксерить», говорят «рикопировать», потому что фирма RICOH у них там главнее, чем XEROX. Поэтому я тоже буду в дальнейшем использовать эти термины для сокращения используемых понятий, всё- таки эта книга предназначена для ознакомления с вопросами 3D- печати людей, пока ещё недостаточно знакомых с данной темой. И так, попробуем разобраться, что же такое 3D- печать и 3D-принтер вообще, и проект RepRap в частности.

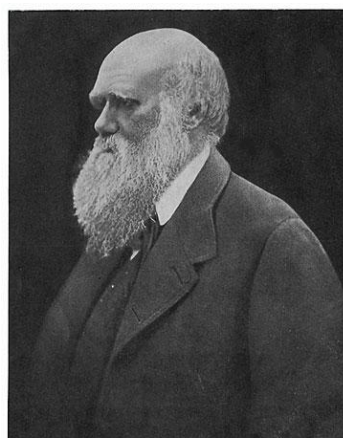
Термин «3D- печать» является частью понятия «быстрое прототипирование», которое, по определению, подразумевает быстрое изготовление (быстрее, чем традиционными способами) , какого – либо продукта. Если разговор идет о создании какого- либо материального предмета, то сделать его можно двумя способами:

1. Отрезать от заготовки всё лишнее (субтрактивная технология). Это все возможные ЧПУ станки, резак, фрезеры, пенорезки, плоттеры и т.д.
2. Добавить недостающее (аддитивная технология).

Под 3D-принтером понимается устройство, использующее аддитивную технологию создания предмета. Сегодня существует масса аддитивных технологий, применяемых при работе с самыми различными материалами, и буквально каждую неделю появляются новые решения. Появляется возможность печатать быстрее, качественнее, получать уже окрашенные изделия, готовые подвижные механизмы, в которых сразу сформированы электрические цепи... Короче, такой способ создания предметов ограничен только фантазией создателя и дальнейшим развитием этой технологии.

Почему технология 3D- печати у всех на слуху, а о 3D-принтерах мы слышим всё чаще и чаще? Здесь не обошлось без возникновения проекта RepRap. Чтобы понять суть и идеологию этого проекта не удастся обойтись без некоторых исторических и философских предпосылок для его возникновения.

Из школьной программы мы знаем, что человек произошел от обезьяны. (Чарльз Дарвин. Происхождение видов путем естественного отбора или сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь).



Ch. Darwin

Рис.1-1

В работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» Фридрих Энгельс показал, как труд привел к появлению человека разумного, а Карл Маркс в «Капитале» - как совершенствование орудий труда влияет на развитие и изменение общественных отношений.

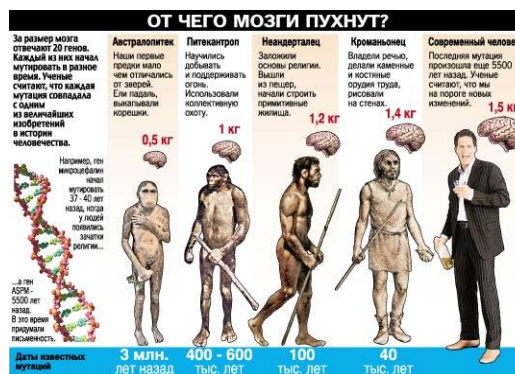


Рис.1-2

Сейчас об этих работах и теориях стараются не вспоминать, но именно они лежат в основе идеологии открытого программного и аппаратного обеспечения, частью которого и является проект RepRap.

Из этих работ следует, что 3D-принтер это – ОРУДИЕ ТРУДА, с помощью которого ЧЕЛОВЕК РАЗУМНЫЙ создает ПОЛЬЗУ!

Естественно, что во все времена всегда находились желающие присвоить эту полученную пользу себе. От того, в какой форме происходило это присвоение, зависел и строй этого самого общества – первобытно - общинный, рабовладельческий, феодальный, капиталистический...

Способы этого присвоения тоже могут быть разными, от прямого грабежа (красиво – рэкет) до обмена труда на красивые бумажки, которые при их недостатке можно напечатать в неограниченном количестве. (Кстати, Остап Бендер знал 400 способов сравнительно честного отъема денег). Поскольку знания тоже являются полезными, то и на них самые хитрые стараются заработать, присваивая себе право давать доступ к этим знаниям за деньги. Такое положение не понравилось весьма умным людям с иным, чем у власть имущих мнением, то именно они и создали движение по созданию открытого программного и аппаратного обеспечения.

Основателем этого движения стал Ричард Столлман, сотрудник лаборатории искусственного интеллекта MIT, США.



Рис.1-3

Чтобы защитить свои интересы, производители компьютеров и программного обеспечения используют лицензии — вид договора между обладателем авторских прав и пользователем (покупателем) программного обеспечения. Подобные договоры заключались и с университетами: например, университету передавались исходные тексты программ и право их изменять, но запрещалось распространять их за пределами университета. Подобные ограничения означали, что тексты соответствующих программ не могли открыто обсуждаться в сообществе, то есть не существовали для научной разработки. Были у компьютеров и программного обеспечения покупатели и вне академической среды — например, банки. Таким пользователям не столь важно получить исходные тексты программ, они заинтересованы в программном обеспечении как в законченном продукте и готовы платить деньги за надёжные и удобные программы. Однако, компьютеры развивались очень быстро, и бывшие вполне современными в 1970-е PDP-10 к началу 1980-х уже устарели и значительно отставали по производительности от более современных машин. Однако, ни для одной из новых архитектур уже не было операционной системы и прочего программного обеспечения, разработанного исключительно в академической среде и по её правилам. Теперь университеты должны были покупать новые компьютеры с новым программным обеспечением и выполнять условия лицензии, ограничивающей их права на разработку и распространение ПО. Иначе говоря, ограничивающей возможность научной модели разработки и распространения модификаций, стали принадлежащим кому-то патентованным продуктом.

В это время в лаборатории искусственного интеллекта MIT разрабатывались так называемые LISP-машины, умеющие на аппаратном уровне интерпретировать язык программирования, похожий на LISP — развитый и перспективный язык программирования. На LISP же была написана операционная система для таких машин и всё программное обеспечение для них. В начале 1980-х годов некоторые сотрудники лаборатории искусственного интеллекта выкупили у MIT права на LISP-машины и математическую систему Macsyma и основали собственные коммерческие компании для дальнейшей разработки в этой области. Очень многие сотрудники лаборатории перешли работать в эти компании, после чего все их дальнейшие разработки уже становились закрытыми для научного сообщества. Новые LISP-машины распространялись с лицензиями, запрещающими пользователям модифицировать и распространять исходные тексты программ. Программы, которые раньше для сотрудников MIT были аналогом научных публикаций, стали принадлежащим кому-то патентованным продуктом. Одному из сотрудников, оставшихся в лаборатории искусственного интеллекта MIT, Ричарду Столлману, такое положение дел казалось недопустимым нарушением открытого научного процесса разработки программного обеспечения. Он в одиночку пытался в рамках прежней академической модели развивать LISP-машины и открыто реализовывать изменения, аналогичные сделанным в рамках закрытой коммерческой разработки, чтобы LISP-машины MIT могли конкурировать с патентованными аналогами. Конечно, эта попытка угнаться за активной разработкой целой компании была обречена на неудачу.

Тогда в поисках единомышленников Ричард Столлман создаёт некоммерческую организацию «Фонд свободного программного обеспечения». Своей основной целью Фонд ставит сохранение программного обеспечения, процесс разработки которого всегда будет гарантированно открытым, а исходные тексты всегда доступны. Более масштабная цель Фонда — разработка операционной системы целиком состоящей из открыто разрабатываемого программного обеспечения. Декларируя такую цель, Столлман, фактически, хотел вернуть представлявшееся ему идеальным состояние, когда в MIT работали в собственной операционной системе для PDP-10. Операционная система, разрабатываемая в рамках Фонда, должна была стать совместимой с операционной системой UNIX. К началу 1980-х UNIX очень широко использовался, в том числе и в академической среде. Для этой операционной системы существовало много программ, свободно распространявшихся в научном сообществе, поэтому хотелось, чтобы эти программы работали и в новой — свободной — операционной системе. Эта будущая операционная система получила название GNU.

Далее, на этих же принципах сформировалось движение открытого аппаратного обеспечения.

Открытое аппаратное обеспечение (или свободное аппаратное обеспечение) — компьютерное и электронное аппаратное обеспечение, разработанное в том же стиле, что свободное и открытое программное обеспечение. Это часть открытой культуры, которая относит идеи открытого доступа и к иным областям применения (не только ПО). Примером может служить проект Simputer (англ.). Часть движения разработки открытого аппаратного обеспечения взяла начало в 2002 году после обращения Кофи Аннана к компаниям Кремниевой долины. Так как сущность аппаратного обеспечения отличается от программного, и так как концепция открытого аппаратного обеспечения — относительно новая, то не было сформулировано точное определение этого явления. Так как копирование аппаратного обеспечения связано с денежными затратами, то ни одно определение открытого ПО не может применяться к аппаратуре без модификации.

Возникновение этих движений послужило предпосылкой для формирования проекта RepRap.

Идеологом и основателем этого проекта выступил в 2005 году доктор Адриан Боуер (англ. *Adrian Bowyer*), преподаватель машиностроения в университете Бата в Великобритании. Это выступление можно рассматривать как манифест движения RepRap.



Рис.1-4

Это перевод выступления Адриана Бойера о проекте RepRap на седьмой конференции по быстрой разработке прототипов и их производства в Центре быстрого проектирования и производства в High Wycombe в июне 2006 года.

Адриан Бойер (<http://staff.bath.ac.uk/ensab>). Центр биомиметических и природных технологий, Инженерно-механический (<http://www.bath.ac.uk/Departments/Eng/biomimetics>) факультет, Университет (<http://www.bath.ac.uk/>) Бата, Великобритания.

Два наиболее важных явления в биологии - это саморепликация и самовоспроизведение, и многие организмы, такие, как бактерии, и вы, и я — способны сделать это. Если в процессе участвует группа из двух индивидуумов, то это тем более важно, потому что это является самовоспроизведением, и при этом закон эволюции Дарвина работает.

Действительно, простейшим организмам — вирусам просто организовать собственную репликацию; они должны захватить один из многих самостоятельно самовоспроизводящихся организмов, чтобы использовать их ресурсы для самовоспроизводства.

Симбиоз является меньшим, но не менее важным, биологическим явлением. Возможно, самый известный пример симбиоза является симбиоз между насекомыми и цветущими растениями, которые развивались в конце юрского периода около 140 млн. лет назад. В цветок растения садились насекомые, чтобы взять нектар, и при этом передать пыльцу в отдаленные растения;

насекомые получали еду, а растения - возможность к самовоспроизведению. Другим примером является созданное человеком сельское хозяйство, которое, хотя иногда рассматривается как вариант преобразованной охоты и собирательства, пожалуй, лучше рассматривать как совокупность симбиозов между нами и нашими видами продуктов питания. Наиболее успешным эволюционно из всех птиц будет пример домашней курицы; положение, которое она занимает исключительно из-за её симбиоза с самым мощным организмом, который когда-либо жил (человеком).

Какое все это имеет отношение к технике?

В 1950 Джон фон Нейман придумал теоретическую модель, которую он назвал универсальный конструктор. Универсальный конструктор - это компьютер, связанный с производственным роботом, и имеющий достаточно большую изысканность в аппаратном и программном обеспечении, чтобы иметь возможность сделать копию самого себя. Фон Нейман был заинтересован в математических и вычислительных аспектах такой машины, но он дал ему имя. Он сделал это, потому что понял, что, в конечном счете, Универсальный конструктор может изготовить все, что физически возможно. Кроме того, связь между такой машиной и биологической клеткой очевидна, клетки являются универсальными конструкторами. Было большое количество успешных попыток сделать универсальные конструкторы, как в моделировании, (см, например, Песавенто и в аппаратных средствах (см, например, Зыков и др.)). Эти эксперименты представляют значительный интерес, но физические универсальные конструкторы, которые были построены, ограничены требованием использования сложных строительных блоков, необходимых в их мире, прежде чем они могут самостоятельно их воспроизвести. Это не обман; В конце концов, вам нужно иметь запас аминокислот и полисахаридов, который будет доступен в вашем мире, прежде чем вы можете получить способность к самовоспроизведению.

Большая часть проблем при создании универсального конструктора происходит из необходимости того, чтобы он был в состоянии самостоятельно создать свои детали, а также к самовоспроизведению (самосборке).

Но допускаю, что мы должны были бы последовать примеру вирусов и сделать универсальный конструктор, который не имел бы самостоятельной способности к самовоспроизведению, и что следует оставить проблему сборки другому репликатору. Предположим, для определенности, что мы должны были бы сделать универсальный конструктор, который может производить его составные части, но оставить их сборку людям.

Если универсальный конструктор даст этим людям что-то полезное, в свою очередь, то результатом будет симбиоз двух составляющих, как, например, между цветами и насекомыми. В частности, если этот универсальный конструктор может сделать другие промышленные товары, то это будет представлять собой вознаграждение за помощь в его воспроизведении. Универсальный конструктор будет цветком, товары будут нектаром, а люди будут брать на себя роль насекомых. Существует смысл в том, что хорошо оборудованный цех по производству является почти универсальным конструктором — можно сделать многие из станков, которые есть в нем. Беда в том, что чем лучше оборудован цех, тем легче сделать какую-то одну деталь, но большее количество и разнообразие предметов, которые должны быть сделаны, становится проблемой. Это, конечно, верно, что человек с инженерной точки зрения может рассматриваться как единое целое и является универсальным конструктором; он самовоспроизводится без какой-либо внешней помощи.

Но, в то время как логическая идея закрытой неделимой самовоспроизводящейся системы, как идеи уникальности или беременности (не может быть немного либо чуть-чуть), считается с точки зрения элегантности самой привлекательной, то биологическая клетка более совершенна, чем человеческая инженерия, которая, в свою очередь, более совершенна, чем закрытые семинары для специалистов. Что нужно для элегантной и практической схемы универсального конструктора - одна машина, производящая свои детали. В 1974 году Дэвид Джонс, пророчески пишущий под псевдонимом Дедал в *New Scientist* рассказал, как можно выборочно фотополимеризовать жидкий мономер в емкости с помощью лазера для изготовления трехмерного объекта под непосредственным управлением компьютера]. Его статья была задумана как шутка.

Патент Вин Келли Свенсон для той же идеи впоследствии был опубликован в 1977 году, хотя он подал его в 1971 г. Это было началом практического применения производства трехмерных деталей под управлением компьютера — быстрого прототипирования.

Быстрое прототипирование имеет много преимуществ, но из требований для создания универсального конструктора одно выделяется больше всех: тот факт, что простые компьютерные программы это все, что нужно, чтобы устройство работало. Самая большая, и до сих пор полностью не решенная, проблема традиционного субтрактивного производства является автоматизация планирования движения инструмента без столкновений. Такого планирования не требуется для быстрого создания прототипов по аддитивной технологии.

Так же Jones и многими другими (Swainson) были разработаны множество иных методов быстрого прототипирования.

Три наиболее значимыми являются; селективное лазерное спекание (SLS), моделирование осаждением нити (FDM), и процесс порошок / струйный клей MIT. Машину быстрого прототипирования, которая может сделать большинство своих составных частей, очевидно, будет легче спроектировать, если человек будет избегать таких вещей, как мощные лазеры; имея машину сделать лазер с нуля было бы трудно.

Более того, струйную печатающую головку (хотя это дешевле) не менее трудно сделать, так как они связаны с применением микротехнологий, и поэтому машина на их основе вряд ли (в среднесрочной перспективе), будет иметь возможность освободить себя от этой покупной части. Понятно, что из преобладающих технологий, остается только FDM. Для FDM просто нужно иметь сопло 0,5 мм в диаметре, нагреватель, и узел принудительной подачи полимера.

Когда я начал проект, который этот документ описывает, я решил использовать FDM именно по этим причинам. Проект заключается в создании проекта устройства быстрого прототипирования FDM для тиражирования его деталей, или RepRap, за короткий период времени.

Есть по существу три части в любой машине быстрого прототипирования:

Одно или более устройство для экструзии рабочих материалов или пишущих голов, Декартов робот, и программное обеспечение для управления ими.

Я решил раньше, что на первом этапе я не стану тратить труда на выпендрёж, чтобы иметь машину, способную делать простые, дешевые, и вездесущие части такие, как винты и электродвигатели. Как вы увидите в следующем разделе, они должны стать технологичными для изготовления на этой машине через естественный процесс развития, в ходе времени, но для первой машины это приемлемо, чтобы купить такие детали (по аналогии с аминокислотами и полисахаридами).

Я также решил, что машина, которая будет собираться, должна быть в состоянии работать как с электрическим изолятором (полимер, предпочтительно), так и с проводниками, чтобы она могла построить свою собственную схему автоматически. Эта схема не включает в себя контакты и датчики — эти части также распространены повсеместно и дешевы, и будут включены в цепь после её изготовления. Технология производства электрической цепи описана в другой работе, и так, что не будет здесь повторяться.

Остается разработать головку, робота, и программное обеспечение.

Выбор полимера для использования в RepRap, как всегда, требует компромиссов: низкая стоимость, низкая температура плавления, и высокая прочность были определяющими факторами. Точка плавления, в частности, была весьма важной характеристикой, чем горячее, тем части получают больше тепла, и тем труднее их становятся изолировать. Было принято решение использовать поликапролактон; он не так прочен, как нейлон при комнатной температуре, но начинает таять при температуре около 60 °C.

Сопло состоит из длинной трубки ПТФЭ, которая изолирует сопло из латуни на конце от остальной части устройства. Сопло нагревают с помощью длинной нихромовой проволоки. Устройство работает при температуре около 120 °C.

Контроллер состоит из ПИК 16F628 для переключения H-моста с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ), чтобы установить скорость и направление вращения двигателя, и для переключения питания транзистора Дарлингтона, чтобы контролировать нагревательный элемент. Температура поддерживается обратной связью к PIC от термистора, прикрепленного к соплу.

Другим решением было дать каждому устройству в целом RepRap машины (например, экструдеру) свой ПИК, чтобы питать всю машину от одного блока питания 12v (подразумеваемая 5V, чтобы использовать фотодатчики), и иметь фотодатчики и внешний контроллер ПК, объединенные в сеть. В настоящее время ОСТО и ПК расположены на Token Ring, используя свои последовательные интерфейсы, но мы можем изменить это к I2C интерфейс в будущем. Большим преимуществом этих механизмов является то, что только три провода используются для машины: питание, заземление и сигнал. Это также делает конструкции модульными, что позволяет легко добавить новые печатающие головки, например, каждая со своим собственным контроллером. Головки для печати поликапролактоном, проверены и работают; некоторые из них уже были построены RepRap исследователями из других стран.

Для технологии FDM быстрого прототипирования необходимо также использовать материал для поддержки свесов, конечно. Мы намерены использовать глазурь сахарной пасты для этого. Её легко получить, она полностью нетоксична, её легко разбавить в широком диапазоне консистенции, имеет свою форму и (думаю, может быть украшением торта), используется очень просто, и может работать при комнатной температуре. Она также водорастворимая, что делает удаление поддержки от готовой детали очень легким. RepRap команда в процессе разработки использовала моторизованный шприц для нанесения глазури. Он стал второй печатающей головкой.

Декартов робот, на момент написания, строится Эд Продает, другим членом команды. Робот состоит из рамок, собранных из стальных стержней, скрепленных с помощью уголков. Они также держат ведущие колеса для зубчатого ремня, который перемещает горизонтальную площадку вверх и вниз. Эта платформа выполнена в четырех одинаковых секций, чтобы машина, могла сделать их сама в своем собственном рабочем объеме. Платформа будет являться осью Z машины; оси X и Y будут сделаны, образуя прямоугольник из стержней в верхней части машины.

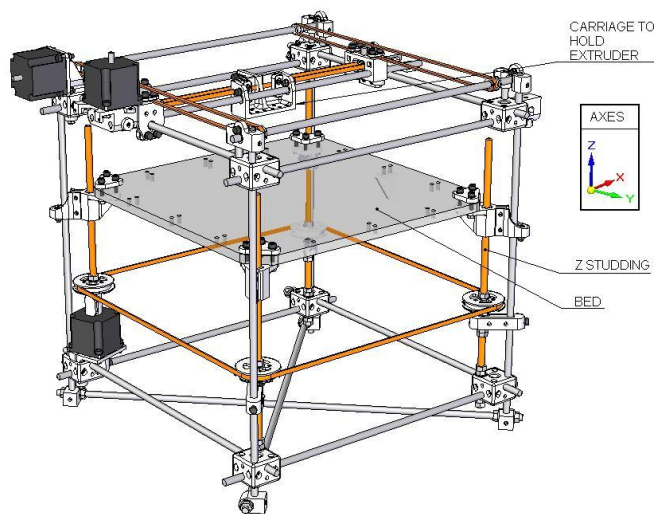


Рис.1-5

Оси будут приводиться в движение от шаговых двигателей. Опять же, каждый шаговый двигатель будет иметь свой собственный ПИК и два драйвера H-моста. Эксперименты показали, что скорость связи достаточна, чтобы синхронизировать трехмерный алгоритм DDA, чтобы управлять всеми осями сразу. 400-шаговые двигатели, дают линейное разрешение 0,1 мм. Они создают достаточный крутящий момент на 12В, но, конечно, одним из самых больших плюсов является то, что практически с нулевым усилием. Это предназначено для парковки нескольких печатных головок для различных материалов вдоль одной верхней кромки, с которой машина будет брать нужную, и менять голову каждый раз, когда это необходимо. Все аппаратные средства RepRap были разработаны так, чтобы они могли быть либо созданы путем быстрого прототипирования, или быть легко доступны и дешевы.

Действительно, большинство из частей, которые не делаются для себя, можно купить в хорошем строительном магазине.

Программное обеспечение для машины делятся на две категории.

Во-первых, для нарезки и заполнения STL файлов, и для отправки команды на самой машине; это будет работать на ПК, и в настоящее время полностью написано на Java, чтобы дать независимость от программной платформы. Второй код низкого уровня, который запрограммирован в ОСТО; это пишется в С, который является портативным, а также удобно для развития и при компиляции программы в районе Тихого океана.

Есть также много программ, необходимых для проектирования и разработки. В RepRap исследователи используют программное обеспечение с открытым исходным кодом для этого: Искусство Иллюзии для механического проектирования, Kicad для электроники, SDCC для компилятора С ПИК и Eclipse, в качестве среды Java.

В этом и следующих разделах, я дам некоторое представление о разных вещах, которые могут произойти, если RepRap становится широко используемым проектом. Но я должен начать, подчеркнув, что это вряд ли случится, по одной очень простой причине статистического характера: большинство научно-исследовательских проектов, не приводят ко всемирному изменению продуктов, и это было бы гордостью представить, что RepRap будет отличаться от остальных. Тем не менее, в невероятном случае, если RepRap проект поднимется, то последствия могут быть весьма серьезными.

Давайте начнем с рассмотрения эволюции.

RepRap будет производить мехатронные устройства с помощью полностью обычной (на самом деле простой) техники. Но RepRap действительно часть биологии. Это потому, что он может самовоспроизводиться с симбиотической помощью человека. Все, что может копировать себя сразу и неизбежно становится объектом дарвиновского отбора, но RepRap имеет одно важное отличие от природных организмов: в природе, мутации случайны, и только небольшая их часть являются усовершенствованиями; но в случае с RepRap, каждая мутация является продуктом аналитического мышления своих пользователей. Это означает, что скорость улучшения должна быть очень быстрой, по крайней мере, в начале; это более аналогично селекции — процесс, который мы использовали, чтобы сделать из зубров коров, и пшеницу из дикой травы. На эволюцию можно положиться, чтобы сделать очень хорошие изменения быстро. Эволюция будет также постепенно ликвидировать элементы из списка деталей, которые должны покупаться. Отметим также, что любая старая и не такая хорошая RepRap машина все равно может сделать новую машину по последнему и лучшему проекту.

Хотя первоначально RepRap использует поликапролактон в качестве основного рабочего полимера, он может быть переделан в кратчайшие сроки, чтобы допустить использование полимолочной кислоты. Этот термопласт имеет довольно высокую температуру плавления, большую чем поликапролактон, но имеет то преимущество, что он может быть сделан путем ферментации из крахмала. Это означает, что имеется возможность использовать биомассу (маис, например, или картофель) в качестве исходного материала, для работы в RepRap машине, используя ферментатор, конечно. Таким образом, не только бы машина будет самостоятельно осуществлять тиражирование, но также и изготовление рабочего материала. Она также может заблокировать атмосферную углекислоту в прочных пластмассовых изделиях, хотя, в конечном счете молочная кислота подвержена биологическому разложению.

Карл Маркс и Фридрих Энгельс писали в Манифесте Коммунистической партии : "Положение пролетариата означает, что класс современных наемных рабочих, которые, не имея средств производства самостоятельно, сводится к продаже своей рабочей силы для того, чтобы жить." Этот диагноз по существу правильный; такое положение дел является общим, потому что люди с ресурсами вполне могут легко использовать их, чтобы приобрести больше, но люди не имеющие средств производства, должны попробовать получить их, а это исключительно трудно в любом месте, и большинство из них никогда этого не сделают.

Марксизм затем переходит к мысли, что путь, чтобы исправить эту проблему для пролетариата, состоит в том, чтобы захватить средства производства революцией, которая является хорошим кандидатом на приз худшей идеи для всех времен в истории человечества. Всякий раз, когда эта идея применяется, производятся трупы, и в последние сто лет число жертв от применения этой идеи было еще больше, чем от нацизма. Таким образом, марксистский рецепт, в отличие от

своего диагноза, совершенно неправильный. Его прогноз также оказывается неверным — марксизм предсказал, что революция произойдет сначала в наиболее промышленно-развитой стране (Великобритании на тот момент), в то время как на практике марксистские революции, как правило, происходят в странах, переходящих от аграрной экономики в промышленные. Так что правильные прогнозы Маркса были 33% - не очень хорошо. Но следует держать его правильный диагноз в виду ...

RepRap машина не будет иметь почти никакого значения, если она не будет иметь потенциал, чтобы создать богатство, как никакая другая технология, которая у нас есть. Это кажется удивительным и парадоксальным, но это неизбежное следствие самовоспроизведения. Во-первых, давайте рассмотрим богатство.

Вся текущая технология производства порождает производство товаров в арифметической прогрессии.

Иногда это очень быстро - думаю, литьевая машина делает пластиковые расчески в количестве 10000 штук в час. Предположим далее, что RepRap машина может сделать одну копию себя день, а также только один гребень. После всего лишь 18 дней, машины RepRap будут делать гребней больше, чем литьевой станок, предполагая, люди дают им такую возможность.

Самокопирующиеся машины быстрого прототипирования могут размножаться в геометрической прогрессии, и поэтому можно производить в геометрической прогрессии товары, которые они производят. Никакая технология кроме самокопирования не может это сделать, и экспоненциальный рост производства является самым быстрым, какой математически возможен (который объясняет, почему все живые организмы используют его). По одной машине в день, и через месяц у нас будет машина для каждого мужчины, женщины и ребенка на планете. Конечно, любой экспоненциальный рост должен работать против ресурсных ограничений, и это будет происходить задолго до того, как месяц пройдет ...

Неотъемлемым свойством экспоненциального характера самовоспроизведения RepRap машины является то, что осуществляется очень быстрый рост в материальном богатстве. Но, как я писал выше, это делает сама RepRap машина, и это почти ничего не стоит. Причина проста: если я продам вам одну за € 1000, вы можете использовать её, чтобы сделать копии и продавать их за € 900; люди, которые покупают их, могут продать за € 800, и так далее, вплоть до стоимости сырья. (Целевая цена на сырье для первой версии RepRap составляет € 300, кстати.)

Таким образом, хотя это в интересах всех, чтобы иметь универсальный конструктор, это не в интересах ни одной компании, чтобы сделать и продать один экземпляр, потому что его потом все будут продавать. В конечном счете, RepRap будет иметь тот же эффект на стоимость товаров, которые он производит; это вносит существенную брешь в целом в идею добавленной стоимости, и, следовательно, в сам принцип существования самих денег.

Именно из-за этого, получается так, что RepRap Проект может существовать исключительно на государственных субсидиях и благотворительных взносах от энтузиастов в Интернете.

Соответственно, я решил дать всю машину и все её файлы проекта даром под GNU General Public License, как Linux. Это гарантирует, что никто (особенно я) не будет иметь контроля над ним, а также не будет ограничения на распространение этой технологии. Это верное решение, потому что это - морально правильно, и это также единственная стабильная стратегия для распространения проекта.

Широкое распространение RepRap также может снизить расходы на транспортировку.

Большинство предметов потребления должно пройти множество отдельных поездок между производством их сырья и окончательного прибытия в дом человека. Но если бы люди были в состоянии начать делать вещи, загрузив

конструкции из сети, чтобы их можно было напечатать на собственной машине быстрого прототипирования, то просто придется транспортировать сырье (и даже это не нужно, если источник биомассы выращивают на месте). Мы также изучаем возможность того, что RepRap машина может иметь свой переработчик отходов, тем самым уменьшая необходимость в транспортировке отходов, а также загрязнение окружающей среды.

Самостоятельная репликация не является новой для человеческого экономики: наша старая технология - сельское хозяйство - полностью основана на Самокопирующихся машинах:

животных, растениях и микроорганизмах, которые являются его продукцией. Именно из-за экономических рассуждений, сельское хозяйство получается наиболее эффективным для наиболее бедных людей на Земле; когда цена на материал для создания добавленной стоимости стремится к нулю, затраты на рабочую силу становятся единственным значимым пунктом. Это только из-за торговых ограничений со стороны богатых стран, получается так, что еды всего мира не хватает для беднейших слоев населения. Эти страны, (как бедные родственники, на что Маркс указывал) имеют большое затруднение получить средства, от участвующих в производстве мировой экономики из-за высокой стоимости капитала на стройке обычного производства. Но если любое лицо или небольшой коллектив может иметь RepRap машину по той же цене, как посудомоечная машина, это положение может измениться, особенно если они смогут растить источник рабочего полимера в качестве урожая.

Таким образом, самокопирование и развитие RepRap машин может позволить начать революцию собственности, пролетариата, и средств производства. Но это будет не грязный и опасный процесс революции, и даже не то, что грязный и опасный промышленный капитализм. Я решил назвать эту экономику дарвиновский марксизм ...

В начале RepRap почти наверняка будет использоваться, чтобы сделать простые товары, такие как расчески, вешалки и пуговицы. С дополнительными компонентами в первой версии RepRap машины будут также в состоянии сделать вещи, такие как цифровые камеры и MP3-плееры. Но, так как эволюция расширяет возможности машины, то и более продвинутые продукты станут возможным изготовить. RepRap вики (доступно из главного сайта проекта на <http://reprap.org>) имеет страницу, посвященную библиотеке полезных продуктов, которые RepRap машина может сделать, это вклад общественности в целом. Они варьируются от очистителей воды до электростанции с солнечными панелями. Здесь я хотел бы кратко дать еще два примера из моих собственных, чтобы проиллюстрировать, насколько революционной может стать RepRap технология.

Есть уже проекты по разработке сотовых телефонов с открытым исходным кодом; Такс Телефон является хорошим примером .

В недавней статье, *Damsgaard*. Др оплакивал тот факт, что свободные беспроводные сети могут быть трагедией общества - все больше и больше людей используют свободные ресурсы, пока трафик не становится настолько забитым, что сеть становится бесполезной.

Тем не менее, существует устойчивое теоретико-игровое решение этой проблемы, которое они не описывают(я сомневаюсь, что я первый, кто понял это).

Рассмотрим беспроводную сеть, в которой каждый узел имеет следующие характеристики: Узел ослабляет свой сигнал в пропорции от близости других его собеседников (как сотовые телефоны делают в данный момент);

Узел выступает в качестве концентратора и маршрутизатора для его соседей в своем собственном регионе; и узел экспериментально запрашивает любой новый узел, чтобы уточнить, что он соответствует характеристикам 1 и 2. Если новый узел этого не сделает, то его сигналы не ретранслируются.

Сеть узлов с этими характеристиками может расти практически неограниченно, а добавление новых узлов также добавляет полосу пропускания. И эгоистичные попытки вставить узлы, которые не действуют в качестве ретрансляторов, автоматически превращаются в бессмыслицу.

Результатом является состояние, в котором площадь пастбища растет с каждой овцой, которая идет пастись.

Любая сеть может быть создана таким образом, но очевидно, что сделать это можно с Wi-Fi интерфейсами, а где это возможно - в существующей проводной сети доступа в Интернет. Это может быть использовано как для компьютеров, так и просто для мобильного телефона, состоящего из микроконтроллера, Wi-Fi-карты, и некоторого программного обеспечения поверх Интернета. Очевидно, такой телефон может быть сделан частными лицами, оснащенными RepRap машиной с дизайном открытого исходного кода, распределенной в Интернете, и его широкое распространение будет означать значительное сокращение в бизнесе — если не конец вообще — для обычных телефонных компаний.

Некоторые новые запатентованные препараты стоят тысячи фунтов на пациента в год, а стоимость автоматизированных химических синтезаторов падает все время. Когда для пациента (или их страховых компаний) это дешевле, чем годовой запас лекарств, их путь становится очевидным – надо превратить химический синтезатор в робота наркотик-мейкера.

Напомним, что патентное законодательство позволяет людям делать запатентованные элементы без прибыли для личного пользования.

Но автоматизированные синтезаторы являются по своей сути универсальными - они могут сделать много соединений, а не только одно. Природа человека, такая она есть, люди начнут экспериментировать, и будут обмениваться фармакологическими идеями друг с другом с помощью групп пациентов и тому подобное. (Некоторые из экспериментаторов будут также непреднамеренно травиться, конечно.)

Очевидно, что персональное обладание развитой RepRap машиной позволит отдельному человеку сделать такой робот химический синтезатор, снова из открытых конструкций, распределенных по сети.

Это потенциально дает возможность сделать разработку лекарств и синтез совместным упражнением, таким же, как программное обеспечение с открытым исходным кодом, и позволит сократить большие фармакологические компании из процесса в целом. Это позволило бы либерализовать химическую обработку заболеваний.

RepRap машина почти полностью разработана, и наполовину построена. Процесс понимания, как работать на ней прогрессирует, все исследователи выпускают все результаты для свободного доступа в Интернете, так что каждый может присоединиться. Стоимость целевых капитальных ресурсов, необходимых, чтобы сделать машину RepRap составляет € 300.

Успешная RepRap машина в симбиозе с людьми будет развиваться, и совершенствоваться искусственным отбором, как сельскохозяйственные и домашние организмы.

Если RepRap будет широко принят (как и со всеми научно-исследовательскими проектами, низкая вероятность), то это может оказать глубокое влияние на человека, богатство и экономику, полностью исключить некоторые отрасли и привести к возникновению новых отраслей. Более того, она может позволить преимущественно беднейшим людям в мире, чтобы они могли ступить на ступеньки лестницы производства.

Сейчас, по прошествии 9 лет с момента старта проекта RepRap, с уверенностью можно сказать, что он не только состоялся, но и стал общемировым явлением субкультуры. Ранее возникавшие субкультурные движения, такие как стиляги, битники, хиппи, мажоры, базировались на эмоционально - эстетической основе, имели ярко выраженный возрастной и протестный характер, предполагающий изменение существующего порядка вещей, и, самое главное, направленность развития этих субкультурных явлений внутрь себя (отрицательный вектор), что и привело к их быстрому, в течение одного поколения, коллапсу.

Движение RepRap изначально создавалось весьма умными людьми так, чтобы оно не противоречило существующим законам общества, не зависело от экономической поддержки власть имущих, и саморазвивалось путем коллективного накопления знаний, открытого обмена опытом и свободного присоединения новых участников, вне зависимости от их возрастной, религиозной и национальной принадлежности.

Такой положительный вектор развития вполне может привести к тому, что движение RepRap приобретёт свойства специфической ненасильственной контркультуры, способной изменить существующее устройство общества.

Конечно, как и в любом свободно развивающемся движении, в нём возникают различные течения, иногда отклоняющиеся от основного вектора, а также и паразитирующие структуры. В качестве такого паразитирующего явления, можно рассматривать, например « Makerbot», пытающийся перевести проект в закрытую коммерческую версию. Что же даст Вам присоединение к открытому проекту RepRap? В первую очередь, это возможность быстрого и свободного самосовершенствования, а также свободного обмена идеями и консультациями по проекту. Во - вторых, свободу в материализации идей, независимость от сторонних исполнителей, сокращение времени и расходов на их реализацию, и ещё многое другое, что сразу даже не придёт в голову.

КОММЕНТАРИИ АВТОРА - ПРИМЕРЫ СВОБОДЫ

И так, основное, что может дать Вам технология RepRap – это личная свобода, хотя бы, в рамках творчества или бытовых удобств. Я не буду рассматривать примеры промышленного использования аддитивных технологий, эта сфера их использования уже интересов проекта RepRap. Доказать это можно только с помощью примеров, демонстрирующих на практике преимущества того, кто может пользоваться данной технологией.

Например, вы имеете автомобиль *Toyota Авенсис*, и у вас сломалась (сломали) форсунку для омывателя.



Рис.1-6

Этот узел продается только в сборе у официального дилера и стоит порядка 9000 рублей. Обычно ломается или теряется одна такая пластмассовая форсунка. Умея рисовать файлы, Вы можете сделать такую деталь часа за 1,5 -2, и при этом не потратите время и деньги на заезды по автомагазину. Аналогично решается проблема с различными защелками. Деталь на ВАЗ-2110. Заглушка для печки. Деталей полно в магазинах, пойдите и купите. Нет, оказывается, *есть вещи, которые изготавливаются различными заводами, в каких-то определенных сериях изготовлены, и больше не выпускаются.* То есть у человека остается один выбор – или сидеть в холоде или менять всю печку целиком.



Рис.1-7

Еще один пример – защелка на Газель, малюсенькая деталька от печки, себестоимость которой «две копейки». Сама печка стоит 9000 рублей. Это деталь, которая делается 10 минут. Диаметр детали не больше 1 см. Для руля различные вкладыши – практически расходники. Можно сделать какие – то бытовые предметы, например, помогающие навести порядок на столе.

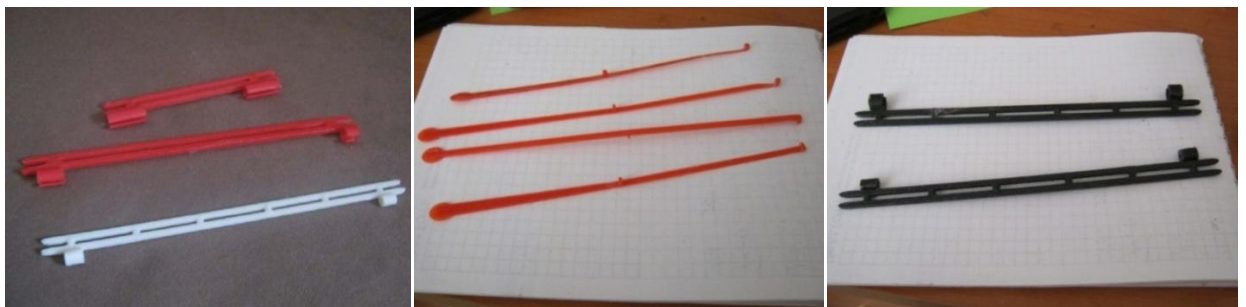


Рис.1-8

Если Вы, или кто-то из Ваших родственников увлекается рыбной ловлей, то вам известно, что всякий уважающий себя рыбак имеет «секретные» места, снасти и приспособления. Им постоянно нужно то, что не купить в магазине. Плюс, они сами что-то мастерят. На фото – мотовильца для удочек для ловли боковым кивком. Делается довольно быстро по готовой модели. Меняется размерность не сложно по готовой модели – удлинить или уменьшить легко. Смысл в том, что такие вещи не выпускаются, а делаются самодельными. Кивки используются тоже для рыбалки, их куча разных, и у нас есть преимущество – можем напечатать различной толщины, жесткости и прочее.

Следующая сфера хобби – различные модели машин, самолетов и т.д. Довольно большое количество людей этим занимается, при необходимости обращаются к нам.



Рис.1-9

Например, на фото рычаг управления для радиомодели машины, которая сломалась. Ее пытались клеить эпоксидкой, и деталь вновь отламывалась. В итоге была сделана заново на 3D-принтере. Изготовить модель не сложно – измеряем штангенциркулем.

На фото можно увидеть квадрокоптер, к которому нужны были детали. Их нашли на Thingiverse, печатали, и человек потом все это собирал. На фото – наклейки на диски для Honda HRV и детальки крепления этих накладок.

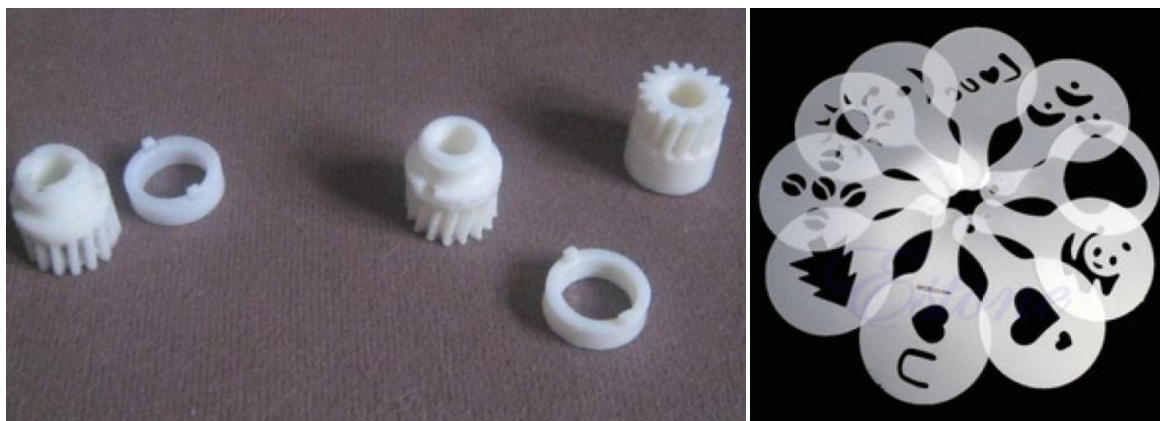


Рис.1-10

Если Вы занимаетесь разработкой нового изделия, его требуется проверить на собираемость. Для нового редуктора надо сделать шестерни и посмотреть, как они будут вставляться в корпус редуктора. Деталь небольшая, чтобы в дальнейшем заказывать ее в Китае для массового производства.

Даже на кухне можно использовать вещи, изготовленные с помощью 3D – принтера.

Интересная вещь – маска (трафарет) для кофе. Когда в кафе или ресторанах варят кофе, сверху делают какой-либо рисунок или фирменный знак ресторана. Этим занимается бариста, который этому специально учится. Хороших бариста немного и их работа стоит дорого. Или можно сделать проще – взять трафарет из картона или пластика и насыпать корицу или шоколад сверху, чтобы

появился рисунок. Маска может быть и с надписью, например, «с днем рождения!». Можно сделать свои собственные формочки для печенья, или отлить фигурки из шоколада, да мало ли ещё что...

Ремонт для автомобилей мы уже обсуждали, но быстрее выходит из строя бытовая техника – ею пользуются все, а машиной – только ответственный человек.



Рис.1-11

Ручки для бытовой техники – комплект ручек на плиту Ariston. Плита стоит порядка 20000-25000 рублей, одна из ручек сломалась, купить было невозможно.

Ещё одна часто ломающаяся вещь – ручки стиральных машин. Выход – покупать под заказ у ремонтников (а это дорого и зачастую долго ждать), либо изготовление на 3D-принтере.

Есть еще более простая вещь – в мясорубках используется как предохранитель пластиковая деталь, которая стыкует две оси от перегрузок. Она ломается в случае возникновения перегрузки – например, кость попадает. Заказывать ее и ждать долго/дорого, сама деталька небольшая – втулка с одним отверстием посередине с ослабленными с двух сторон выемками. Размер порядка 10x20мм. Новая деталь стоит в районе 1000 рублей.

Следующая сфера – экстремалы, велосипедисты, скейтбордисты и т.д. На велосипеде нужны крепления телефонов, разных мелочей. Впереди сезон сноубордистов, которым тоже нужны различные крепления и прочее.



Рис.1-12

Штучка на фото называется кивер – держатель для стрел. Проектирование модели по рисунку у меня заняло меньше часа – это несложно. Обращались арбалетчики, им было необходимо такое изготовить. Отдельная ниша – фурнитура для камер GoPro. В магазине крепления стоят неадекватных денег, а на Thingiverse этих моделей просто очень много.

Заказывать из-за границы люди пока умеют не все, ждать тоже не все готовы.

Отдельная тема – чехлы для телефонов. Ориентируемся, в первую очередь, на то, чтобы делать эксклюзивное с движущимися частями и наворотами.

Например, чехлы на айфон с шестеренками. Качество не сказать, что прямо изумительное получилось, но в магазинах не лучше.

Либо делаем чехлы на телефоны, которые не продаются массово. Эти телефоны из относительно бюджетной сферы, но люди ищут чехлы, но им это обычно не удается, т.к. в основном чехлы в магазинах лежат на популярные модели.

Следующее – макеты. В эту группу входят как макеты зданий, так и макеты различных деталей. Если Вы студент различных строительных и машиностроительных учебных заведений, то Вам нужны данные макеты при написании курсовых и дипломов.



Рис.1-13

Примеры использования можно приводить бесконечно, всё зависит только от фантазии пользователя. Вы сами можете увидеть их в интернете на различных форумах или сайтах. Конечно, вы можете сделать детали для сборки нового 3D – принтера, большего размера, с несколькими экструдерами, с высокой скоростью печати, или наоборот – с повышенным качеством создаваемых изделий.

И последнее – не стоит забывать, что на небольших принтерах основная схема питается напряжением 12в, а принтер, работающий с материалом PLA, потребляет около 60Вт, меньше, чем лампочка ближнего света в фаре.

Это значит, что взяв с собой в дальнюю поездку по диким местам мозги, карманный компьютер и 3D – принтер Вы сможете выполнить оперативный ремонт, и вернуться назад!

КАКИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ПРЕДМЕТОВ ПРИМЕНЯЮТСЯ ПРИ 3D- ПЕЧАТИ?

Предшественниками современных AM-технологий считают две оригинальные технологии, появившиеся в XIX в. В 1890 г. Josef E. Blantner предложил способ изготовления топографических макетов – трёхмерных карт поверхности местности. Суть метода, заключалась в следующем: из тонких восковых пластин по контурным линиям топографической карты вырезались фрагменты, соответствующие воображаемому горизонтальному сечению объекта, затем эти пластины укладывались одна на другую в определенном порядке и склеивались.

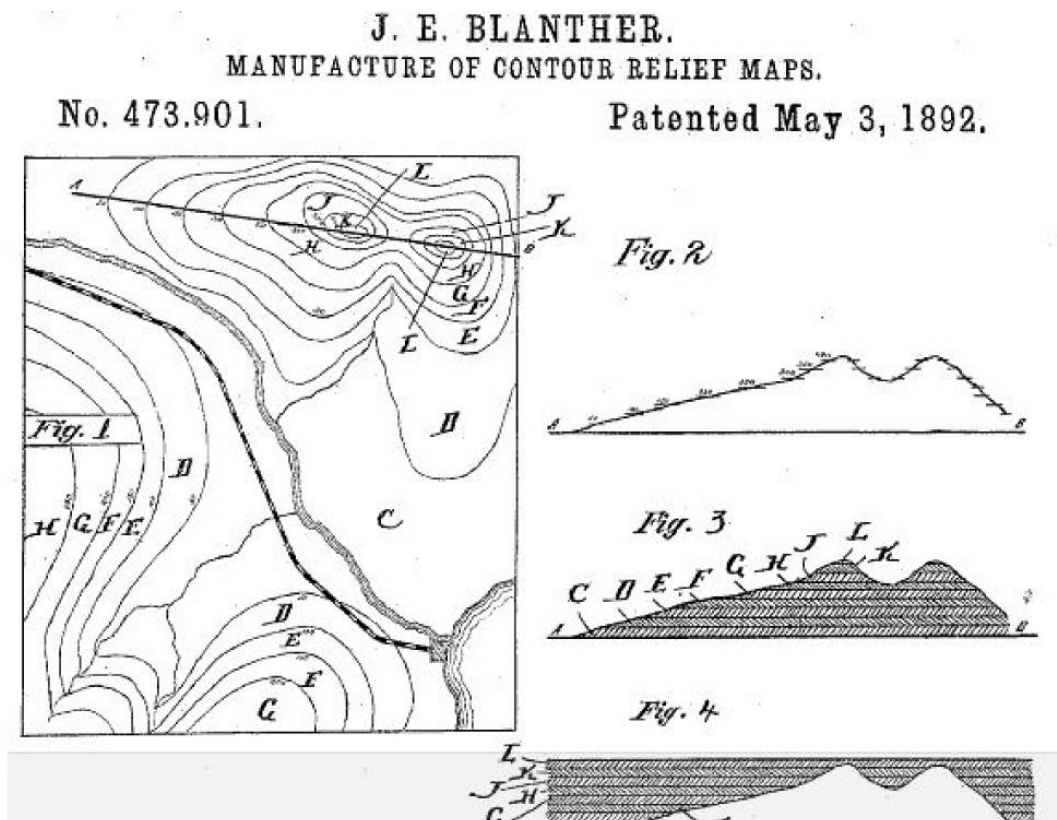


Рис.1-14

Получался «послойный синтез» холма, или оврага. После этого по - верх полученных фигур накладывали бумагу и формировали макет отдельного элемента ландшафта, который затем уже в «бумажном» виде располагали в соответствии с исходной картой. Практическое применение эта идея нашла в LOM-технологии –Lamination Object Manufacturing, послойное ламинирование или склеивание тонких листовых материалов, толщина листов при этом составляет 0,051-0,25 мм. В 1979 г. профессор Nakagawa из Токийского университета предложил использовать эту технологию для быстрого изготовления пресс-форм, в частности, со сложной геометрией охлаждающих каналов.

Вторая технология – фотоскульптура (Photosculpture) была предложена французом François Willème в 1890 г. Суть её состояла в следующем: вокруг объекта или субъекта располагали фотокамеры (Willème использовал 24 камеры с шагом 15 градусов) и производили одномоментное фотографирование на все камеры.

Затем каждое изображение проецировали на полупрозрачный экран, и оператор с помощью пантографа обрисовывал контур. Пантограф был связан с режущим инструментом, который удалял модельный материал – глину, в соответствии с профилем текущего контура.

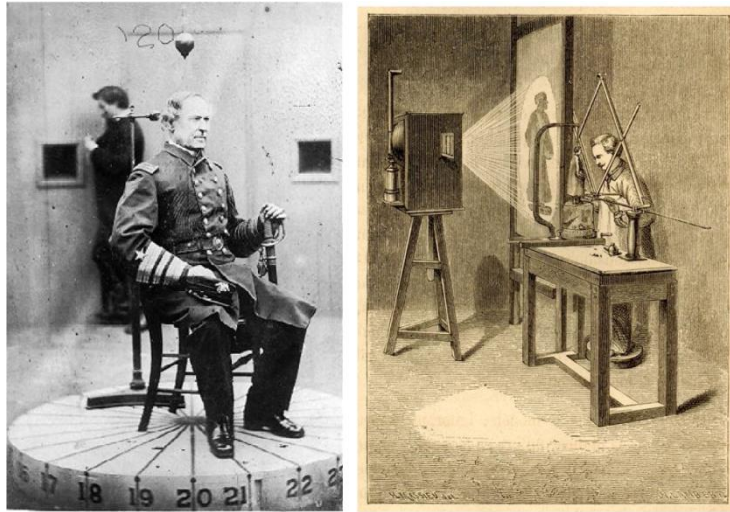


Рис. 1-15. Фотоскульптура по технологии François Willème

Для уменьшения трудоемкости процесса Willème немец Carlo Baese в 1904 г. предложил использовать фоточувствительный желатин, который при обработке водой расширяется в зависимости от степени засветки – экспозиции.

В 1935 г. Isao Morioka предложил способ, сочетающий в себе топографию и фотоскульптуру (рисунок 1.3). Способ предполагал использование структурированного света (сочетание черных и белых полос) для создания топографической «карты» объекта – набор контуров. Контурные затем вырезались из листового материала, укладывались в определенном порядке и таким способом формировался трёхмерный образ объекта.

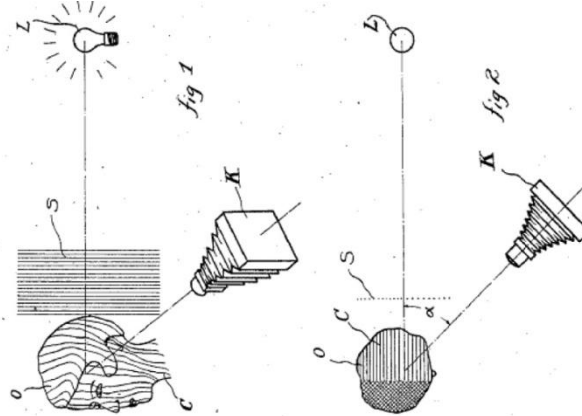


Рис.1-16

Или же, как и у François Willème, контуры могли быть спроецированы на экран для дальнейшего создания трёхмерного образа с помощью режущего инструмента. Первым приближением к стереолитографии в современном понимании стала идея Otto Munz (1956 г.), который предложил способ селективной (послойной) экспозиции прозрачной фотоэмульсии. На этот слой проецировался контур (сечение) объекта. В качестве платформы, на которой производилась экспозиция, использовался поршень, установленный в цилиндре с возможностью перемещения. Поршень перемещали на определенную величину (т. е. с определенным шагом) и сверху наносили слой эмульсии, проецируя на него изображение, после чего наносили слой фиксирующего реагента. И так каждый фрагмент построения детали: поршень перемещали вниз, наносили фотоэмульсию, засвечивали, наносили слой фиксирующего реагента и т. д. Фиксирующий состав наносился на весь слой – и на засвеченные участки, и на не засвеченные, в результате чего, внутри затвердевшего прозрачного материала, сформированного в виде цилиндра, оказывался заключенным образ трёхмерного объекта.

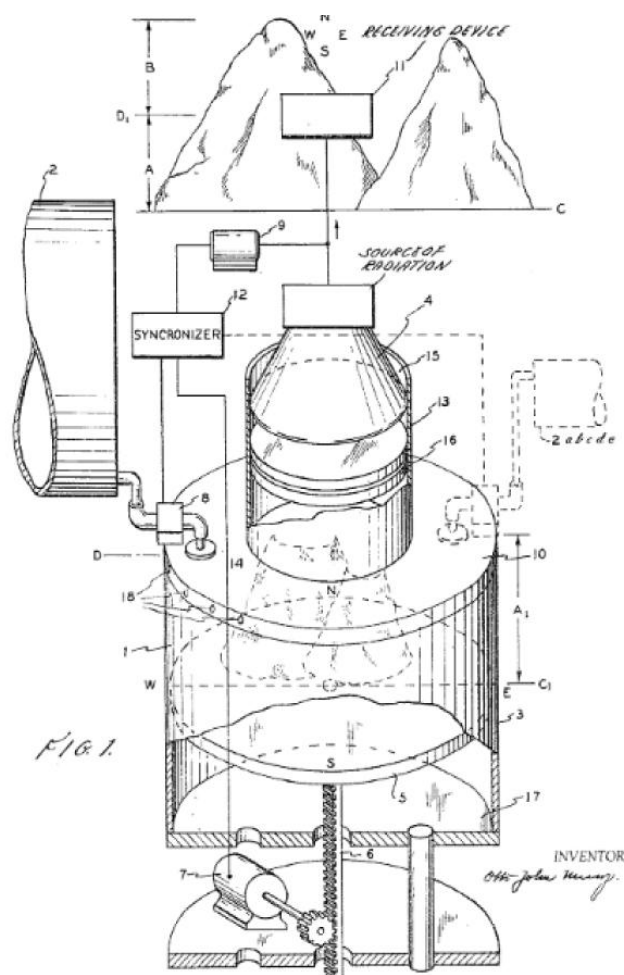


Рис.1-17

В 1977 г. Wyn Kelly Swainson предложил способ получения трёхмерных объектов посредством отверждения фоточувствительного полимера в точке пересечения двух лазерных лучей. Примерно в это же время, начинают появляться технологии послойного синтеза из порошковых материалов (P.A. Ciraud, 1972). В 1981 г. R.F. Housholder (Пат. США № 4247508) предложил способ формирования тонкого слоя порошкового материала нанесением его на плоскую платформу. Далее производилось разравнивание до определенной величины по высоте с последующим спеканием слоя. В том же году Hideo Kodama опубликовал результаты работы с первых функциональных систем фотополимеризации с помощью ультрафиолетовой (УФ) лампы и лазера. В 1982 г. была опубликована работа A.J. Herbert по созданию трёхмерных моделей с помощью XY-плоттера, УФ-лампы и системы зеркал.

Charles W.Hull предложил способ послойного синтеза посредством ультрафиолетового излучения, сфокусированного на тонкий слой фотополимерной смолы. Он же и ввел в оборот термин «стереолитография».

На сегодня существует множество различных способов формирования 3-х мерного объекта, и буквально каждую неделю появляются всё новые, позволяющие применять различные ранее неиспользовавшиеся материалы, но всё их множество можно разделить на несколько групп, отличающихся способами:

- формирование слоя
- фиксация слоя
- применяемые строительные (модельные) материалы - (жидкие, сыпучие, полимерные, металлопорошковые и т. д.).
- ключевая технология (лазерные, не лазерные).
- подвод энергии для фиксации слоя построения (с помощью теплового воздействия, облучения ультрафиолетовым или видимым светом, посредством связующего состава и т. д.).

КАКИЕ СУЩЕСТВУЮТ ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЙ?

При использовании данной технологии сначала формируют слой, например, насыпают на поверхность рабочей платформы дозу порошкового материала и разравнивают порошок с помощью ролика или «ножа», формируя ровный слой материала определенной толщины. Затем выборочно (селективно) обрабатывают порошок в сформированном слое лазером или иным способом, скрепляя частички порошка (сплавляя или склеивая) в соответствии с текущим сечением исходной CAD-модели. Эта технология, называемая в англоязычной традиции «Bed Deposition», предполагает наличие некой поверхности («bed»), на которой сначала формируют слой, а затем в этом слое выборочно отверждают (фиксируют) строительный материал. В процессе отверждения положение плоскости построения неизменно, при этом часть строительного материала (в данном случае – порошка), остается в созданном слое нетронутой. Указанной технологии достаточно точно соответствует термин «селективный синтез» или «селективное лазерное спекание» (SLS – Selective Laser Sintering), если «отверждающим» инструментом является лазер, который здесь, в отличие от лазерной стереолитографии (SLA-технологии), применяется в качестве источника тепла, а не ультрафиолетового излучения. После завершения построения платформа-«bed» перемещается в вертикальном направлении на величину шага построения, на ней формируют новый слой – и процесс повторяется до полного построения модели.

Кроме SLS- и SLA-технологий, к Bed Deposition относят такие известные технологии, как: SLM – Selective Laser Melting (компания SLM Solutions, Германия); DMLS – Direct Metal Laser Sintering (компания EOS, Германия); EBM – Electron Beam Melting (компания Arcam, Швеция); Laser Cusing (компания Concept Laser, Германия); SPLS – Solid Phase Laser Sintering (компания Phenix Systems, Франция, в настоящее время приобретена компанией 3D Systems); Ink-Jet или Binder Jetting (компании ExOne, 3D Systems, США) и др. __

Классификация:

по методу формирования слоя

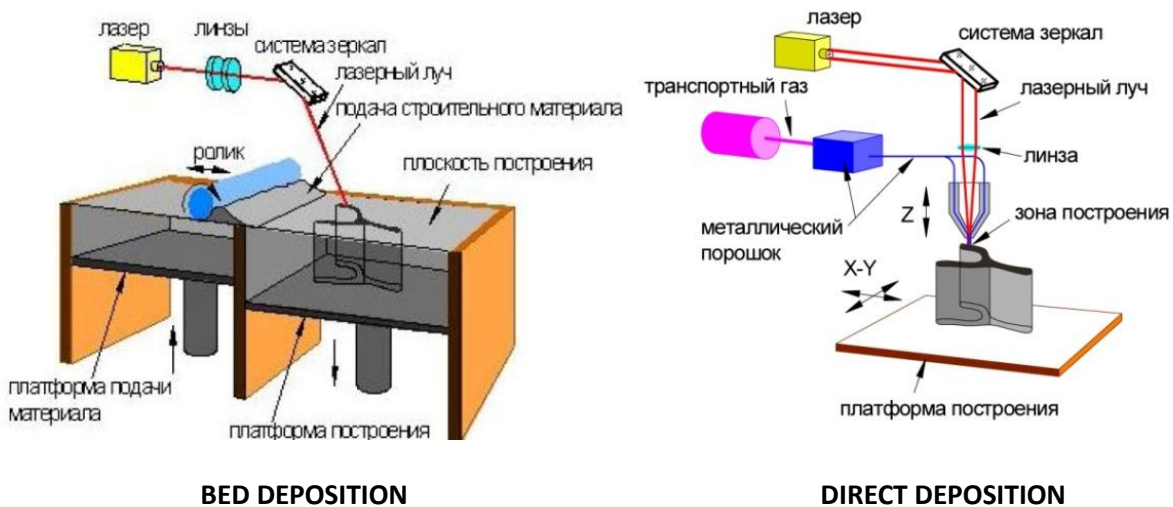
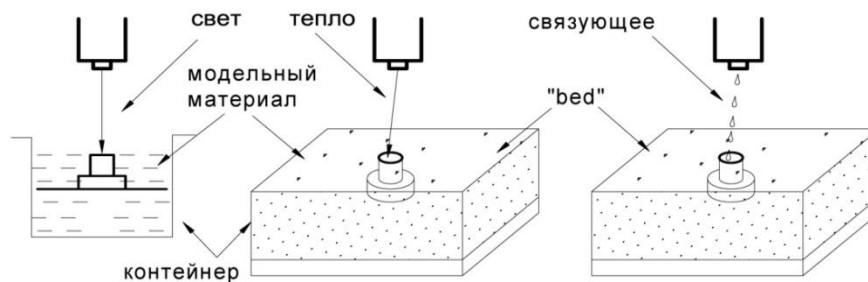


Рис.1-18

по методу фиксации слоя



а – фотополимеризация «свет» б – сплавление «тепло» в – склеивание «связующее»

Рис.1-19

по типу строительных материалов

жидкие	сыпучие	нитевидные, прутковые	листовые, плёночные
			
Фотополимеры акриловые (эпоксидные)	Полимеры полиамид, полистирол PMMA (polymethyl methacrylate) Пески кварцевые, циркониевые Металлопорошки Al, Cu, Ti-Al, Ti, Ag, Au Co-Cr, Inconel, Ni-Fe инструментальные стали	Полимеры ABS-подобные PU-подобные Металлы (feedstock в виде прутка или проволоки)	Полимеры ПВХ-плёнки Металлы фольга листовой прокат

Рис.1-20

по ключевой технологии

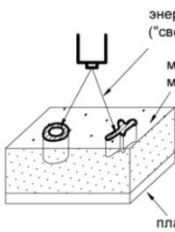
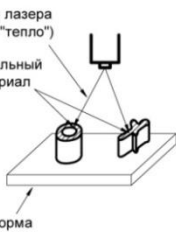
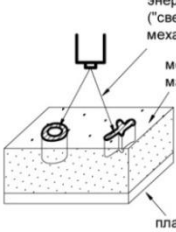
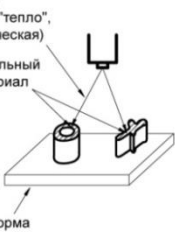
лазерные		нелазерные	
			
а	б	в	г
Bed Deposition	Direct Deposition	Bed Deposition	Direct Deposition
а	б	в	г
жидкости (SLA-технология) сыпучие (SLS-технология) листовые (LOM-технология)	сыпучие (LENS-, DMD-технология) нитевидные (металл. проволока); (Laser based wire-feed process)	жидкости (DLP-технология) сыпучие (Ink-Jet-технология) Листовые (LOM-технология)	сыпучие (Poly-Jet-, Ink-Jet-технология) нитевидные (FDM-технология)

Рис.1-21

Технологии BED DEPOSITION мало приемлемы для использования в принтерах RepRap, и причин для этого несколько:

1. Наличие герметичной камеры выращивания существенно усложняет и удорожает конструкцию принтера.
2. Устройство требует строго горизонтальной установки на столе и сильно подвержено воздействию вибраций.
3. Рабочий материал дефицитен и дорог. (Кроме случая использования широко распространённых и природных материалов, таких как гипс, цемент, песок).
4. Загрузка рабочего материала и выемка готового изделия связана с весьма грязными процедурами.
5. Послепечатная обработка требует серьёзных навыков и дополнительного оборудования (камера доращивания).

Конечно же, эти проблемы не останавливают энтузиастов, и сейчас существует несколько открытых проектов, использующих такие технологии, поскольку у каждого способа изготовления моделей есть свои достоинства и недостатки.

В любом случае, знать о таких технологиях надо, и мы их рассмотрим хотя бы кратко.

1. Vat Photopolymerization – «фотополимеризация в ванне» или послойное отверждение фотополимерных смол.

Технология SLA – лазерная стереолитография – самая старая из технологий.

Она начала первой применяться в промышленных масштабах.

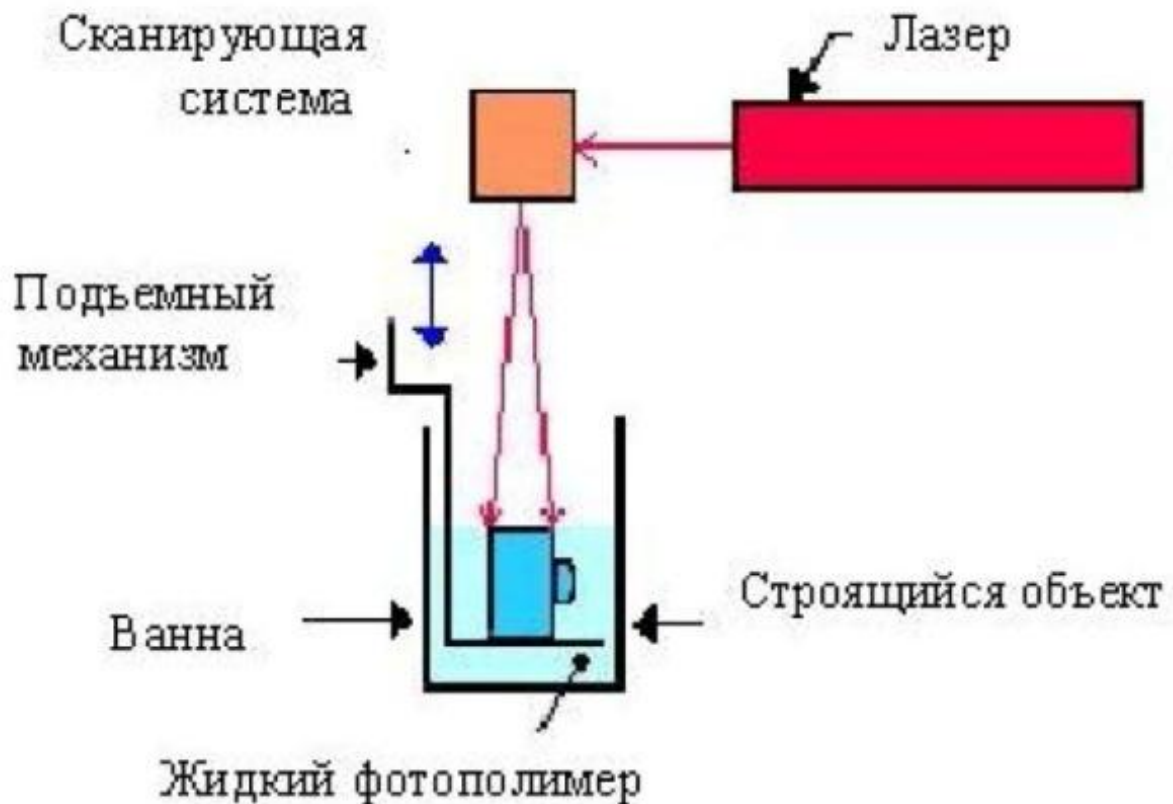


Рис.1-22

На сайтах можно найти открытые проекты, работающие по технологии SLA, но на смену им Сообщество RepRap предложило технологию DLP, более пригодную для повторения в домашних условиях.

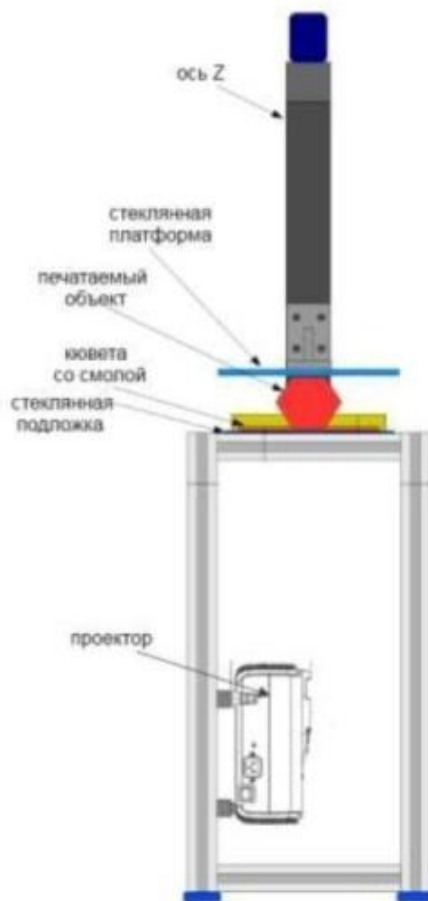


Рис.1-23

Одновременная засветка целого слоя с помощью проекторов позволяет значительно ускорить процесс печати даже по сравнению с SLA-принтерами, имеющими высокую скорость сканирования (т.е. перемещения луча).

Кроме того, такие принтеры менее чувствительны к грубому физическому воздействию ввиду отсутствия деликатных зеркальных систем.

Отсутствие механических зеркальных систем позволяет увеличить точность. Наконец, стоимость проекторов выгодно отличает их от лазерных систем.

Размер проекции может быть весьма значительным, достигая среднестатистических показателей популярных FDM-принтеров.

Интересной особенностью DLP-принтеров является возможность «обратной» или «перевернутой печати». В этом случае проектор устанавливается под прозрачной (важен выбор материала для прозрачности в отношении ультрафиолетового света) кюветой, а платформа не погружается в материал, а постепенно поднимается, вытягивая слои засвеченного полимера.

Такой подход позволяет избавиться от выравнивающего механизма и добиться даже более высокого разрешения по оси Z, чем в SLA-принтерах. Кроме того, размер моделей по высоте не ограничивается глубиной кюветы, что благоприятно сказывается на габаритах принтера и на возможности увеличения зоны построения.

2. Material Jetting – «разбрызгивание (строительного) материала, или послойное струйное нанесение строительного материала;

Примером технологии Material Jetting может быть технология Poly-Jet, согласно которой модельный материал – обычно фотополимер или воск, подается в зону построения через многоструйную головку. В технической литературе эту технологию иногда называют как Multi Jetting Material.



Рис.1-24

Эта технология применяется в принтерах Objet (Израиль), Компания Objet Geometry с 2012 г. входит в состав компании Stratasys. Здесь используют два материала – строительный и поддерживающий, который предотвращает обрушение нависающих частей модели при построении. После построения поддерживающий материал смывают горячей водой. В качестве модельного материала используют фотополимерную смолу, которую подают в зону построения через многосопловую головку.

Принтер Objet500 Connex3 способен производить «цветную» печать, позволяет работать с тремя видами модельных материалов с различными свойствами, смешивать их в заданной пропорции во время построения модели и получать композитные модели в широкой цветовой гамме.

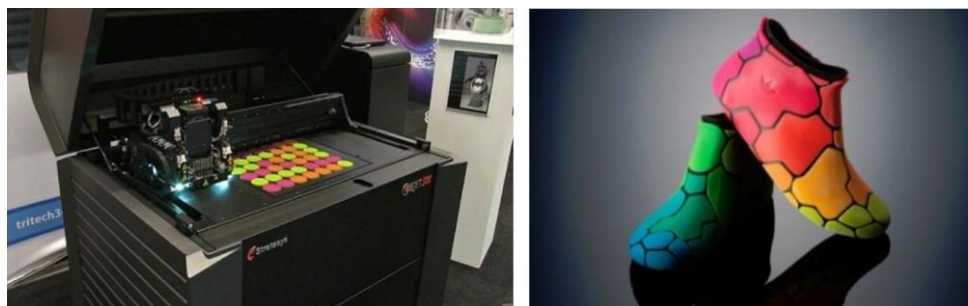


Рис.1-25

Построение моделей происходит путем напыления фотополимера с помощью линейных массивов, состоящих из множества сопел. Нанесенный слой немедленно засвечивается ультрафиолетовыми лампами – как правило, два процесса происходят одновременно. К тому моменту, когда массив достигает конца рабочей камеры, ранее нанесенный материал достаточно тверд для печати нового слоя. Модели имеют высокое качество поверхности.



Рис.1-26

Такой подход позволяет добиться весьма высокой скорости печати, но отличается высокой сложностью конструкции, что негативно сказывается на стоимости подобных установок и ограничивает их распространение профессиональным применением. Одним из плюсов технологий MJM и PolyJet является возможность создания композитных конструкций из фотополимерных смол с различными физическими характеристиками. Таким образом, возможно создание моделей с легкоудаляемыми опорами, использование нескольких цветов и параллельное использование гибких и твердых материалов в пределах одной модели. Другой разновидностью технологии Material Jetting является технология DoD (Drop-on-Demand), которую вывела на рынок компания Solidscape (США), в 2011 г. Приобретена компанией Stratasys. Так же, как и в машинах Objet, здесь используют два материала: модельный – воск, который в расплавленном виде подают в зону построения; и поддерживающий – который после построения модели смывают теплой водой. Принтер оснащен фрезерной головкой, с помощью которой производят «механообработку» построенного слоя, обеспечивая его необходимую высоту, удаляя излишки модельного и поддерживающего материалов. Эта технология, которую называют также WDM (Wax Deposition Modeling), применяется в ювелирной промышленности для вырабатывания восковых моделей (восковок) и последующего литья по выплавляемым моделям, а также в стоматологической медицине.

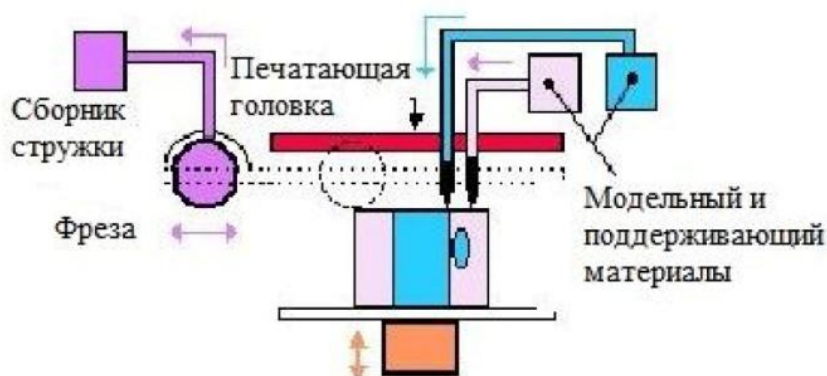


Рис.1-27

В открытых проектах я пока ничего работающего по подобной технологии не видел.

3. Binder Jetting – «разбрызгивание связующего» или послойное струйное нанесение связующего материала.

К категории Binder Jetting относятся струйные технологии или Ink-Jet-технологии, в которых, в отличие от технологии Material Jetting, в зону построения впрыскивают не модельный материал, а связующий реагент.

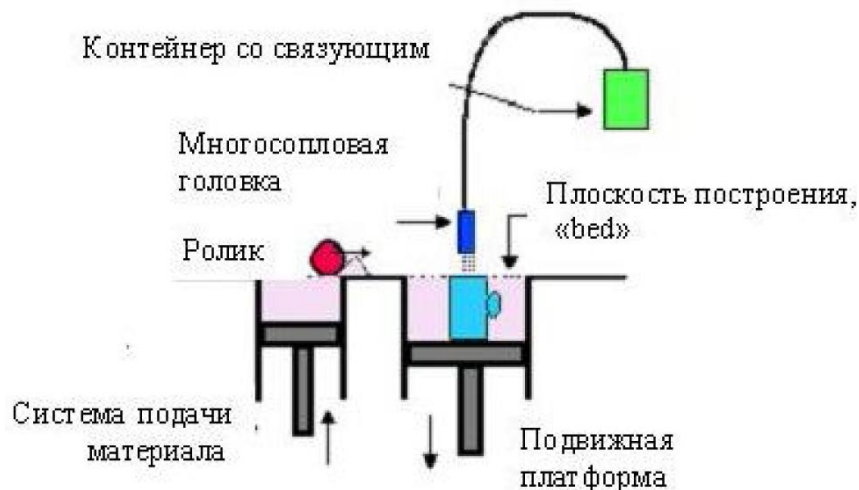


Рис.1-28

Технология была разработана в Массачусетском технологическом институте и в настоящее время успешно используется в принтерах компаний ExOne, ZCorporation (ныне приобретена фирмой 3D Systems), VoxelJet, в частности, для получения литейных моделей и песчаных синтез-форм.

Такая технология реализована в открытом проекте PWDR 3D PRINTER.

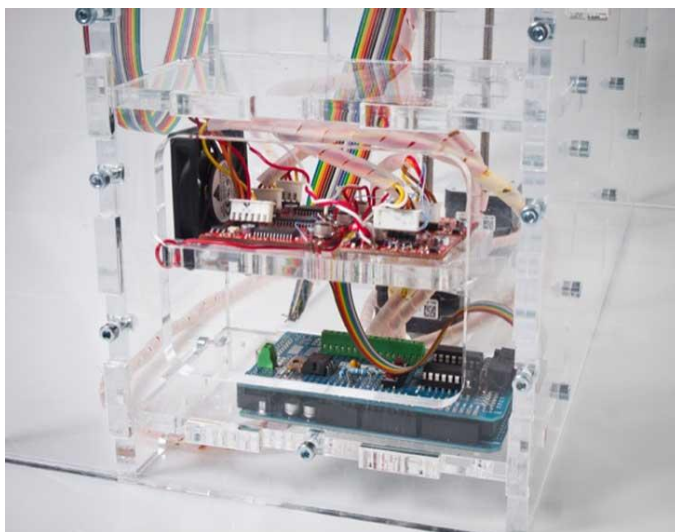


Рис.1-29

В качестве основного элемента конструкции использована струйная головка от принтера HP, заправляемая дистиллированной водой, а рабочий материал – это гипс, смешанный с мальтодекстрином или просто с сахарной пудрой, в соотношении 1:10.

4. Powder Bed Fusion – «расплавление материала в заранее сформированном слое» или последовательное формирование слоев порошковых строительных материалов и выборочное (селективное) спекание частиц строительного материала.

Существует несколько разновидностей такой технологии, использующих для формирования модели металлические, пластиковые, металлопластиковые или керамопластовые материалы. Прямое лазерное спекание металлов (DMLS) – технология аддитивного производства металлических изделий, разработанная компанией EOS из Мюнхена. DMLS зачастую путают со схожими технологиями выборочного лазерного спекания («Selective Laser Sintering» или SLS) и выборочной лазерной плавки («Selective Laser Melting» или SLM).

Процесс включает использование трехмерных моделей в формате STL в качестве чертежей для построения физических моделей. Трехмерная модель подлежит цифровой обработке для виртуального разделения на тонкие слои с толщиной, соответствующей толщине слоев, наносимых печатным устройством. Готовый «построечный» файл используется как набор чертежей во время печати. В качестве нагревательного элемента для спекания металлического порошка используются оптоволоконные лазеры относительно высокой мощности – порядка 200Вт. Некоторые устройства используют более мощные лазеры с повышенной скоростью сканирования (т.е. передвижения лазерного луча), для более высокой производительности. Как вариант, возможно повышение производительности за счет использования нескольких лазеров. *DMLS позволяет создавать цельные металлические детали сложной геометрической формы* Порошковый материал подается в рабочую камеру в количествах, необходимых для нанесения одного слоя. Специальный валик выравнивает поданный материал в ровный слой и удаляет излишний материал из камеры, после чего лазерная головка спекает частицы свежего порошка между собой и с предыдущим слоем согласно контурам, определенным цифровой моделью. После завершения вычерчивания слоя, процесс повторяется: валик подает свежий материал и лазер начинает спекать следующий слой. Привлекательной особенностью этой технологии является очень высокое разрешение печати – в среднем около 20 микрон. Для сравнения, типичная толщина слоя в любительских и бытовых принтерах, использующих технологию FDM/FFF, составляет порядка 100 микрон.



Рис.1-30

В любительской версии такая технология была применена в устройстве CANDYFAB, который в качестве рабочего материала использует обычный сахарный песок, который плавится послойно с помощью строительного фена. В результате получаются леденцы в форме шурупа размером с руку взрослого человека.

Direct Deposition – выращивание модели непосредственно на столе построения.

Преимуществами данного метода печати являются следующие:

- Малая масса и простота конструкции принтера из-за отсутствия камеры выращивания (в некоторых случаях платформа может вообще отсутствовать!).
- Нечувствительность к положению в пространстве (принтер может печатать вверх ногами, и даже в невесомости!).
- Низкая чувствительность к вибрациям во время работы.
- Съем готовой модели не вызывает проблем, если правильно выбрано покрытие рабочего стола, то при его остывании модель сама отваливается.
- модель или сразу готова к использованию, или требует простейших операций по удалению технологических поддержек.

Есть три способа формирования моделей, наиболее приемлемых для 3D-принтеров RepRap;

5. Directed energy deposition – «прямой подвод энергии непосредственно в место построения», или послойное формирование изделия методом внесения строительного материала непосредственно в место подвода энергии.

Здесь используется нагрев лазером (или плазатроном) порошка или проволоки (прутка) из металла или пластика.

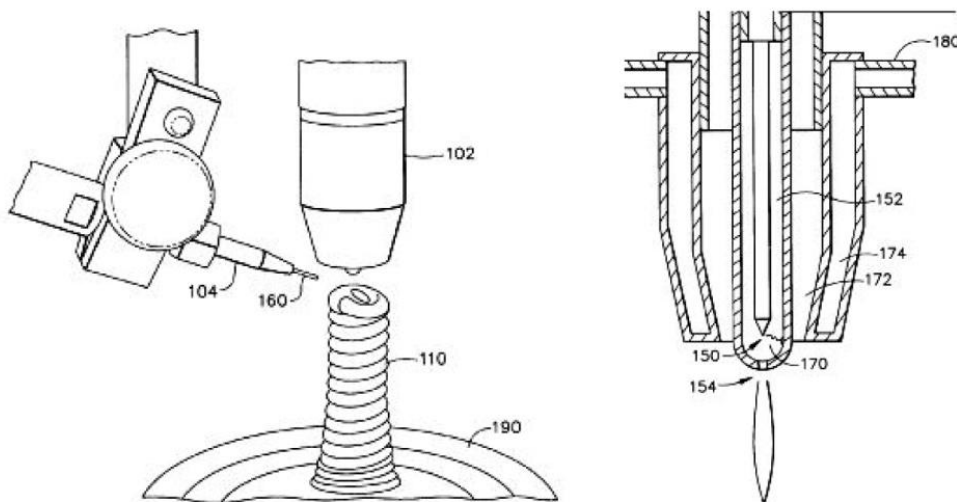


Рис.1-31

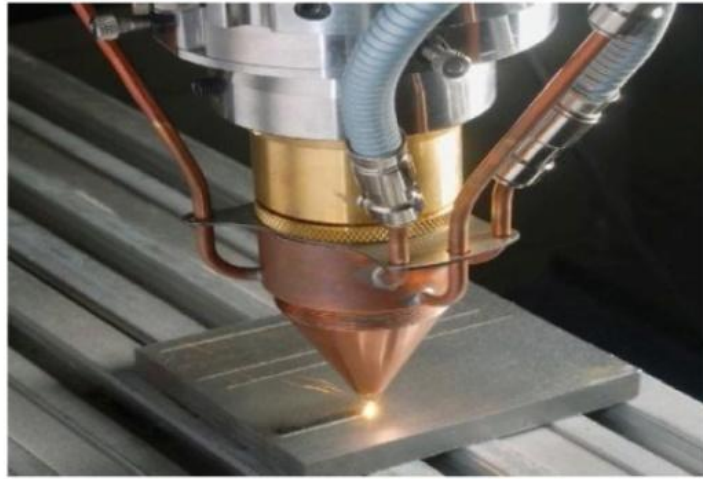
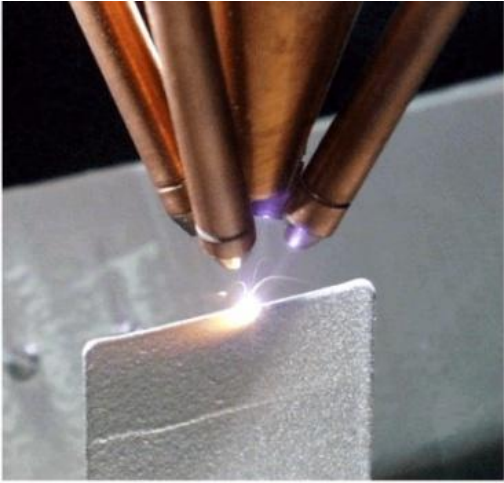


Рис.1-32

Проволоку можно нагреть до температуры плавления электрическим током, используя головку от сварочного аппарата. Такой вариант прямой печати металлом был реализован в в открытом проекте 3D Metal Printer.



Рис.1-33

Себестоимость деталей устройства составляет всего 1500 долларов. Главными компонентами 3D-принтера являются небольшой сварочный аппарат MIG и микроконтроллер. С помощью устройства, которое вместо чернил использует расплавленный металл, можно послойно печатать сложные геометрические объекты. Для сравнения: коммерческие аналоги стоят более 500 000 долларов.

В любом случае, спички детям – не игрушка, а расплавленный металл – и подавно.

6. Material Extrusion – «выдавливание материала» или послойное нанесение расплавленного строительного материала через экструдер.

Такой метод построения может применяться для самых разных материалов – шоколад, пластики, легкоплавкие припои.



Рис.1-34

Для работы с шоколадом можно переделать под шоколадный экструдер обычный 3D – принтер.

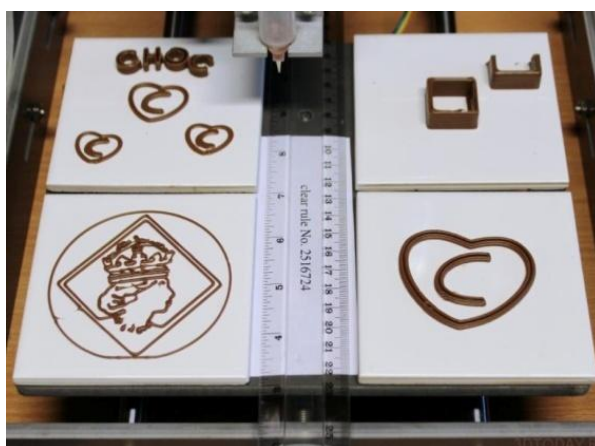
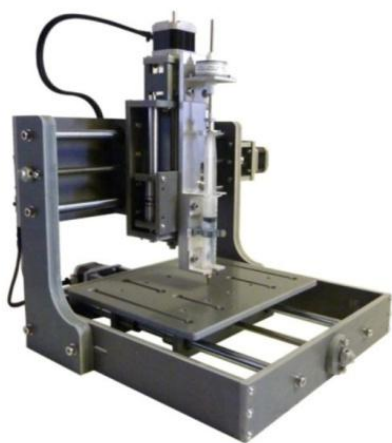


Рис.1-35

Разновидностью этого метода является печать холодными клеящими веществами; кулинарным кремом, силиконовым герметиком (можно сделать резиноподобные модели), или цементами. (CEMENT EXTRUDER, CLAYSTRUDER).



Рис.1-36

По такой технологии строятся дома!

Недавно появилась технология печати моделей из расплавленного стекла

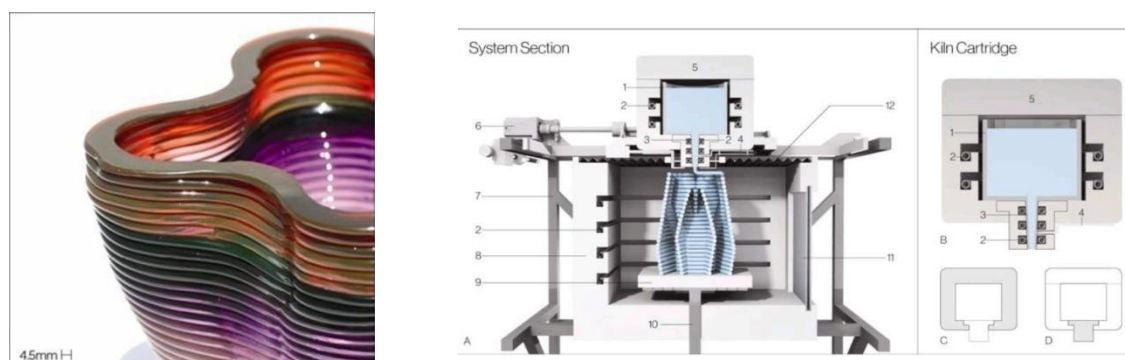


Рис.1-37

Фрагмент напечатанной вазы с изменением цвета стекла во время печати

В лаборатории стекла Массачусетского технологического института (MIT Glass Lab) впервые в мире разработали машину, которая печатает объекты произвольной формы из оптически прозрачного стекла. Техпроцесс под названием G3DP позволяет регулировать прозрачность и цвет стекла, коэффициенты отражения и преломления. Всё это открывает возможности по изготовлению совершенно невероятных предметов, которые нельзя изготовить традиционными методами.



Рис.1-38

Образцы напечатанных изделий

И наконец, FFF (Filament Fused Forming) – формирование модели из расплавленной нити пластика, основная технология для RepRap –принтеров. Её мы изучим гораздо подробнее во второй части этой главы.

ГЛАВА 2.

КАК УСТРОЕН 3D–ПРИНТЕР REPRAP?

Прежде всего, надо твёрдо запомнить, что 3D-принтер – это специализированный станок ЧПУ, осуществляющий перемещение и управление режимом работы рабочего инструмента по 2-м и более координатам по заданной программе.

3D-принтер состоит из следующих узлов и цепей:

1. Рабочий инструмент (экструдер). Этот узел является главным в конструкции принтера, и от его параметров зависят характеристики всех остальных узлов, из которых состоит 3D-принтер.
2. Узлы линейного перемещения, в состав которых входят линейные направляющие, подшипники скольжения, шаговые двигатели, каретка, элементы трансмиссии и концевые элементы, соединяющие все эти детали вместе. (В состав узла могут входить концевые датчики).
3. Рама 3D-принтера, объединяющая узлы линейного перемещения в единую жесткую конструкцию. (Элементы узлов линейного перемещения могут быть одновременно частями рамы, это делается для уменьшения количества деталей принтера и его удешевления).
4. Рабочая платформа 3D-принтера, на которой будет формироваться печатаемая модель.
5. Проводка, обеспечивающая соединение и подключение всех узлов к электронике.
6. Электроника (микропроцессор, силовые исполнительные схемы, блок питания), которая осуществляет управление всеми электромеханическими узлами 3D-принтера и обеспечивает их энергией.
7. Сервисные элементы и узлы, не влияющие на работу 3D-принтера, и часто не нужные, но облегчающие его эксплуатацию, такие как подсветка рабочего поля, дисплей управления, кард-ридер.

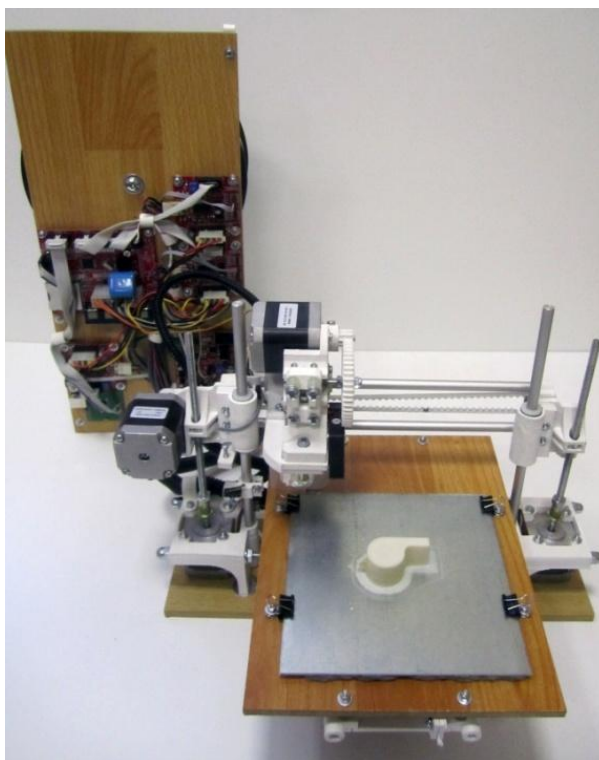


Рис.1-39

Конструкцию мы рассмотрим на примере принтера Portabee-Copyrus.

ЭКСТРУДЕР – ОСНОВНОЙ УЗЕЛ 3D-ПРИНТЕРА

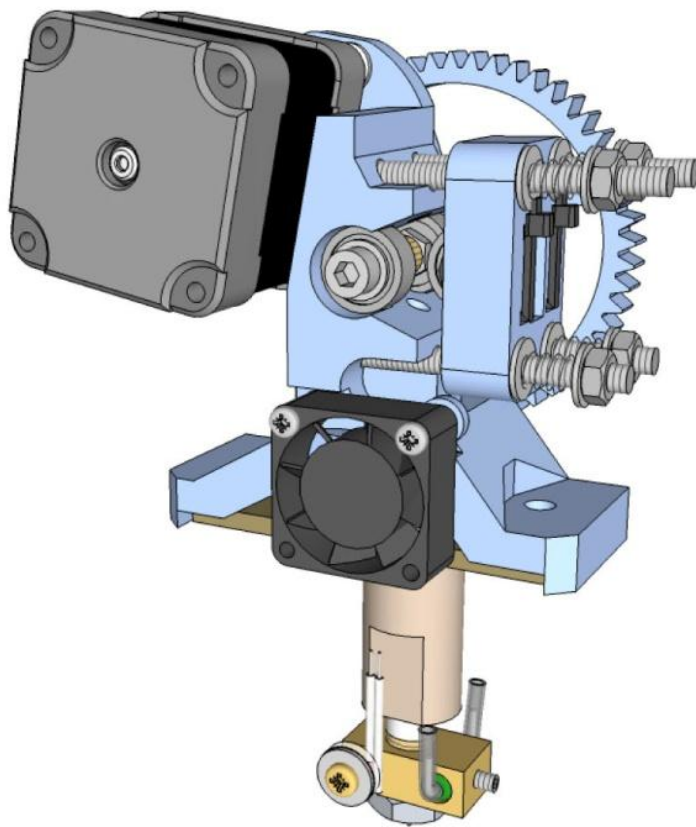


Рис.1-40

Узел экструдера состоит из двух основных частей;
Собственно тело экструдера, в котором происходит расплавление прутка и экструзия расплавленной пластмассы через тонкое (0,5мм) сопло.
Эта часть называется **HotEnd**, и она устроена следующим образом:
Теплоизолятор из PEEK



Рис.1-41

На сопло устанавливается нагревательный блок с термодатчиком и нагревательным элементом.

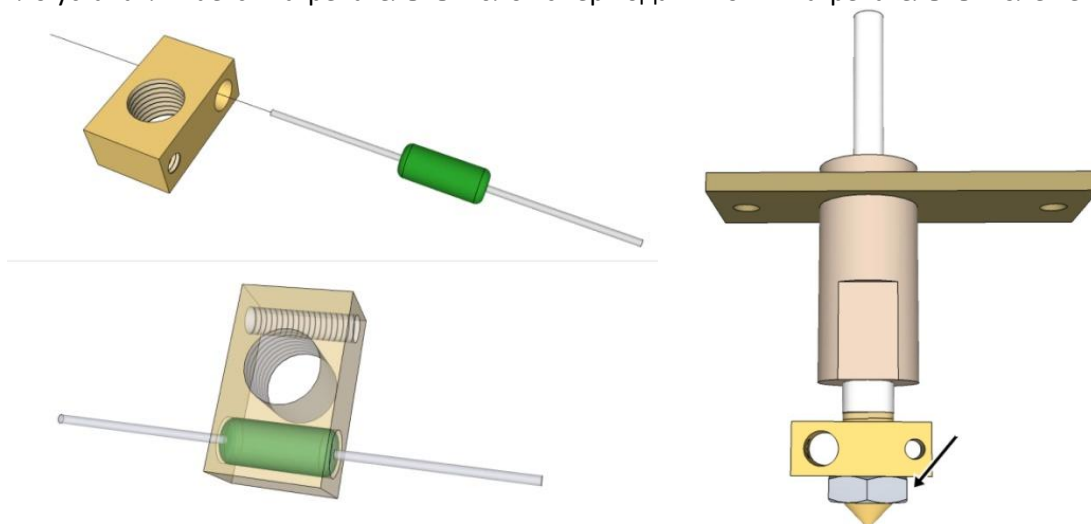


Рис.1-42

Весь узел HotEnd монтируется в закладную алюминиевую пластину, которая так же является тепловым радиатором.

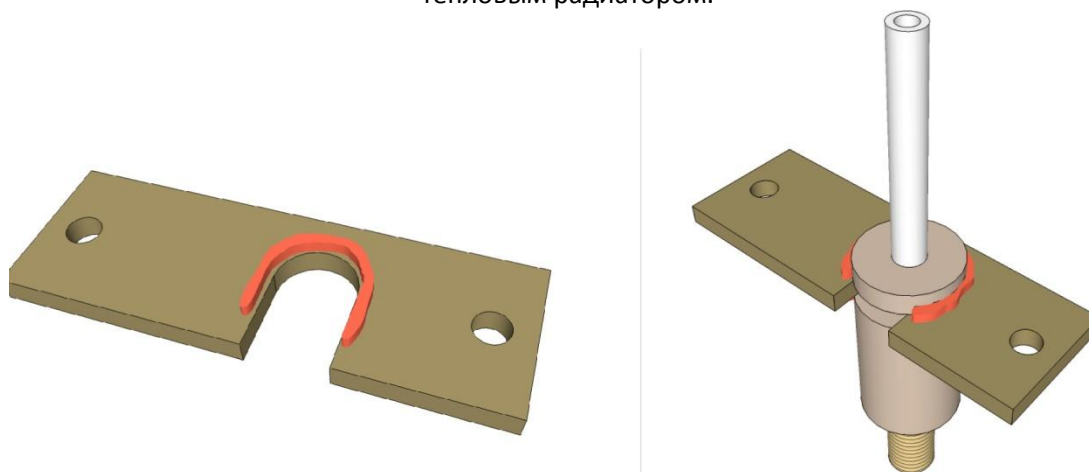


Рис.1-43

Вторая часть экструдера обеспечивает подачу пластмассового прутка в HotEnd с усилием до 10Кг и четко на определённую величину за нужное время и называется CoolEnd.

Узел состоит из корпуса CoolEnd, шагового двигателя, ведущей и ведомой шестерни, шкива подачи прутка и узла прижимного ролика.

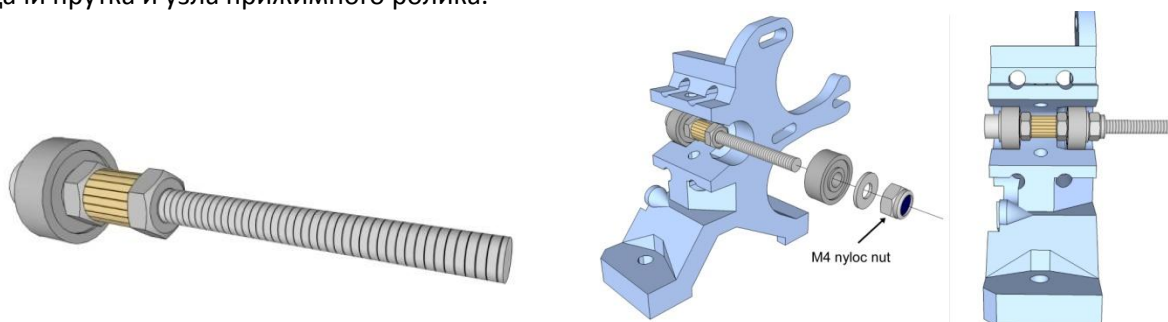


Рис.1-44

Шкив подачи устанавливается в корпус экструдера, и фиксируется самоконтращейся гайкой.

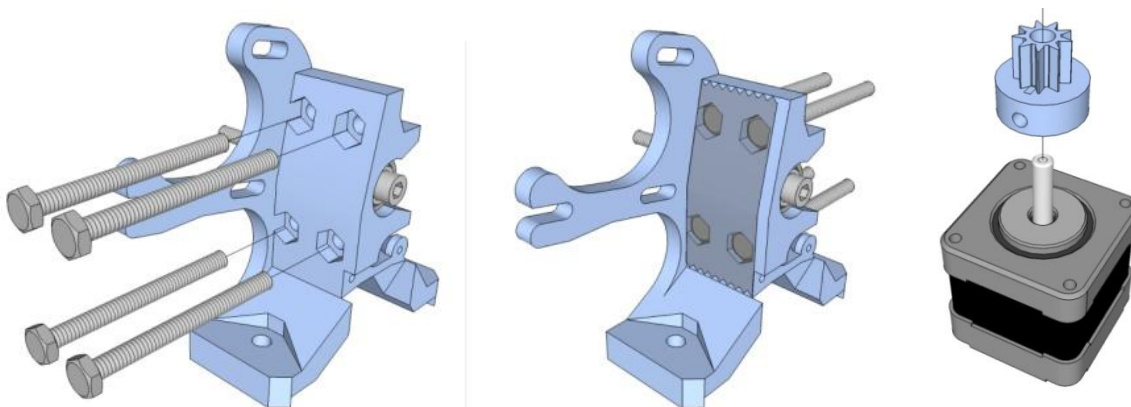


Рис.1-45

В корпус устанавливаются винты.

На ось двигателя устанавливается ведущая шестерня.

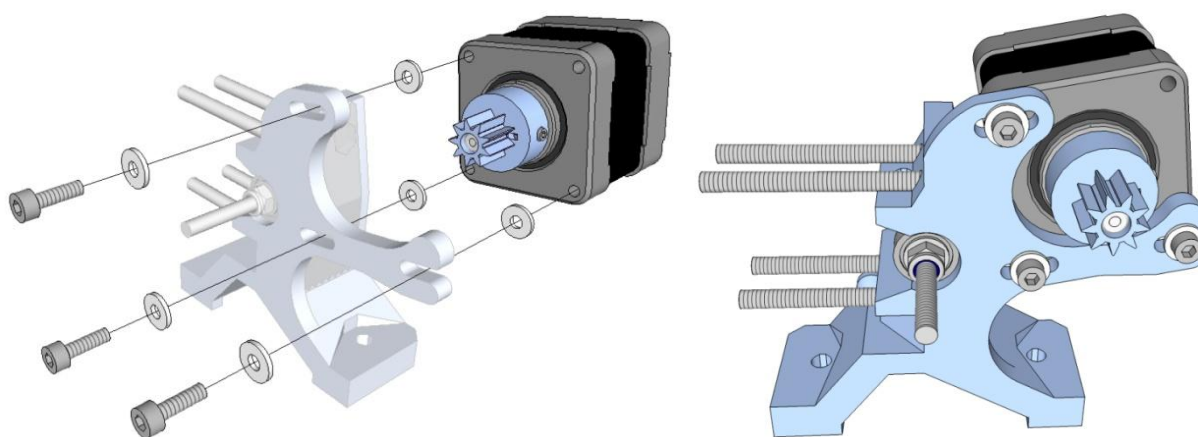


Рис.1-46

Двигатель устанавливается на раму экструдера.

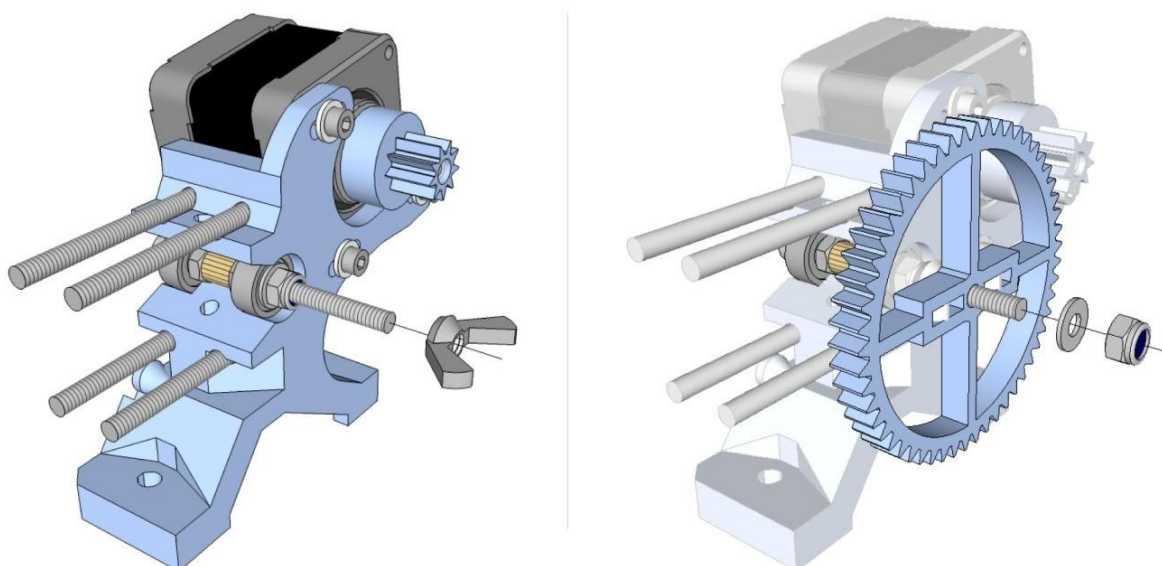


Рис.1-47

На ось шкива подачи устанавливается ведомая шестерня.

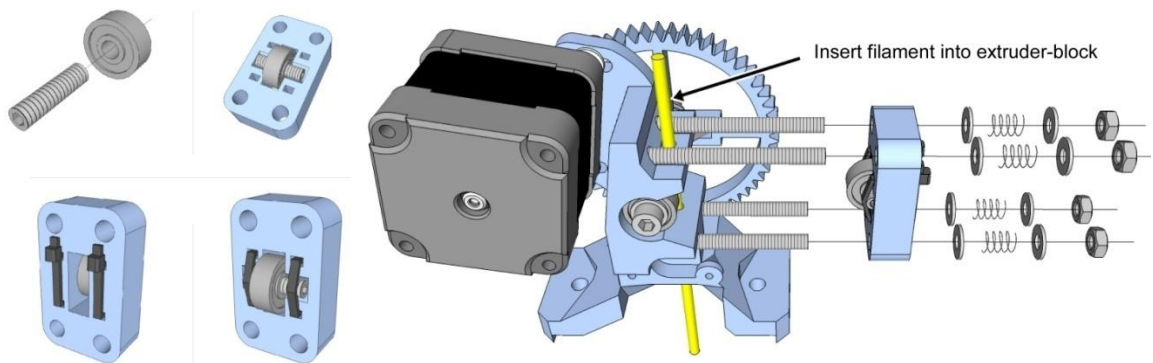


Рис.1-48

Блок прижимного ролика устанавливается на корпус CoolEnd .

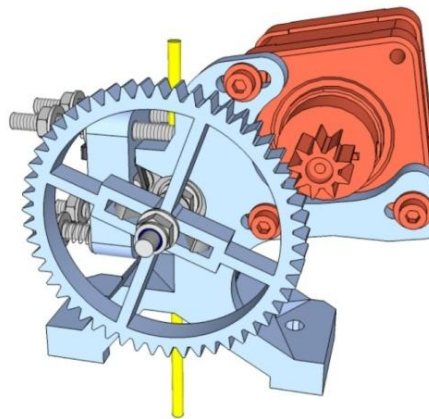


Рис.1-49

Регулируем положение двигателя, вставив 2 слоя обычной бумаги между двумя шестернями.

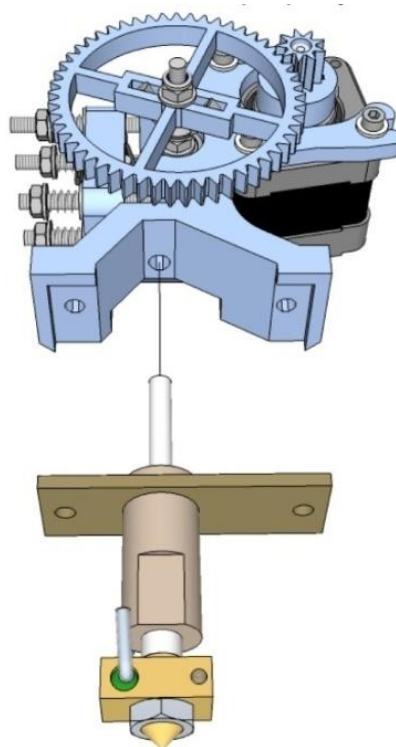


Рис.1-50

Теперь соединяем HotEnd и CoolEnd вместе.

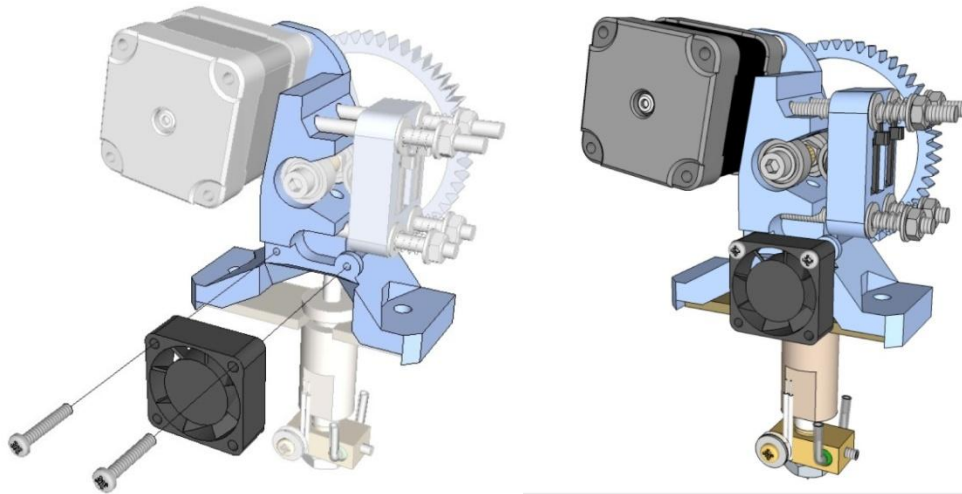


Рис.1-51

Устанавливаем вентилятор охлаждения HotEnd, его наличие **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

Такая конструкция узла экструдера является типичной для большинства 3D-принтеров, и в разных вариантах исполнения может существенно отличаться от рассмотренной, но все основные узлы будут теми же.

КОММЕНТАРИИ АВТОРА.

Экструдер является основной частью 3D – принтера, а **HotEnd** — его самой главной деталью ; всё остальное оборудование обслуживает работу именно этого узла. Если он плохо работает, то качественной печати от принтера Вы не получите, так же как от обычного струйного принтера с засохшей головкой не получить красивую фотографию – все отпечатки будут полосатые. Сейчас существует несколько проверенных достаточно надёжных версий **HotEnd**;

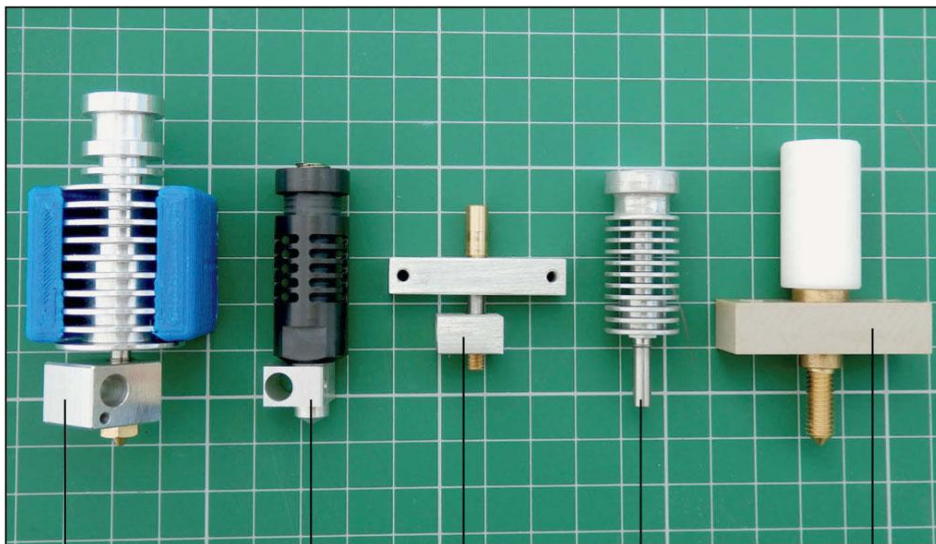


Рис.1-52

Я попробовал практически все, показанные на картинке, и не всё в них меня устроило.

После всех экспериментов и опытных работ с различными версиями экструдеров я решил объединить выводы в одну статью.

Поскольку до начала возни с 3-Д печатью я никогда не занимался технологией переработки пластмасс и меня интересовал только практический результат, то не все мои выводы могут быть верными.

С другой стороны, полученные мной результаты, меня полностью устраивают.

Итак, вот мои выводы о конструкции экструдера для 3-Д принтера;

Основным и наиболее критичным узлом 3-Д принтера является HotEnd.

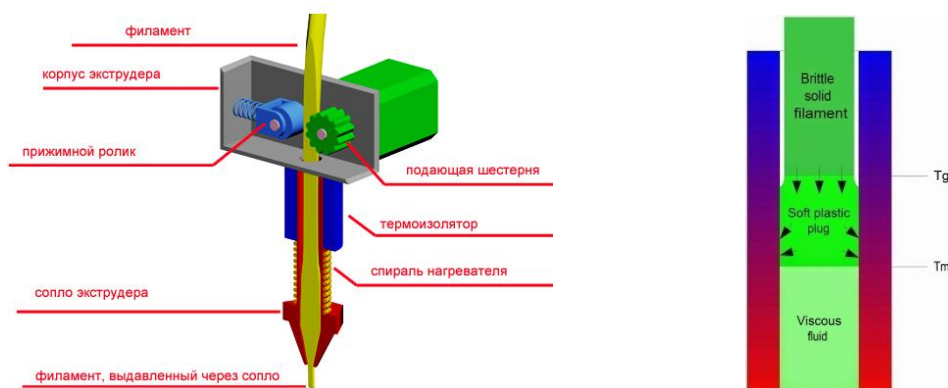


Рис.1-53

Если посмотреть на широко известную картинку из интернета, то можно увидеть, что в конструкции ствола HotEnd-а присутствуют 4 зоны:

А – зона подачи прутка материала, в ней температура прутка равна температуре окружающей среды.

Б – зона теплового градиента, здесь температура плавно нарастает до температуры плавления пластика.

В – собственно зона плавления материала, где происходит пластификация материала перед его попаданием в сопло экструдера.

Г – сопло экструдера.

Ствол экструдера должен иметь диаметр несколько больший, чем используемый пруток и не иметь никаких шероховатостей или перепадов диаметра по всей длине.

Это связано с тем, что часто некачественный пруток имеет достаточно большой разброс диаметра по длине, и может просто не пройти в отверстие ствола.

Возникновение лишнего трения недопустимо!

Для прутка диаметром 2,8 мм оптимальный диаметр входного отверстия 3.0мм, а для прутка 1,75 мм -2.0мм. Если пруток не лезет в экструдер, то есть два пути решения проблемы:

1 – выбросить.

2 – вернуть продавцу со всеми прилагающимися словами.

Зона А является транспортной, в ней пруток материала находится под давлением, и на мой взгляд, она должна быть как можно короче.

Здесь пластик выступает в роли пружины, и его упругие свойства сильно зависят от его свойств, диаметра и температуры окружающей среды.

Далее пруток поступает в самую критичную зону экструдера – зону Б.

Почему я считаю её самой важной?

Здесь есть несколько моментов.

Во - первых, подача прутка в экструдер 3-Д принтера происходит не только с переменной скоростью, но и с изменением направления движения в случае ретракта.

Во- вторых, так как диаметр ствола экструдера несколько больше диаметра прутка, то под давлением расплав поднимается вверх по стволу и там застывает.

Высота подъема расплава зависит от многих параметров: это текучесть расплава, разница диаметров ствола и прутка, давление в экструдере, величина теплового градиента в зоне Б, коэффициент трения пластика о внутреннюю поверхность ствола и может быть ещё что-то.

Образующееся утолщение из материала, выполняет роль уплотнительного кольца в цилиндре, благодаря чему и создается давление, необходимое для экструзии расплава через сопло.

Давление, надо сказать, не маленькое.

Если момент на валу шкива подачи материала равен 1 кг/см, диаметр шкива 8мм, то для прутка 1,75 мм оно может составить 601 кг/см², и это при температуре 250°C!

Так что не всякий материал выдержит.

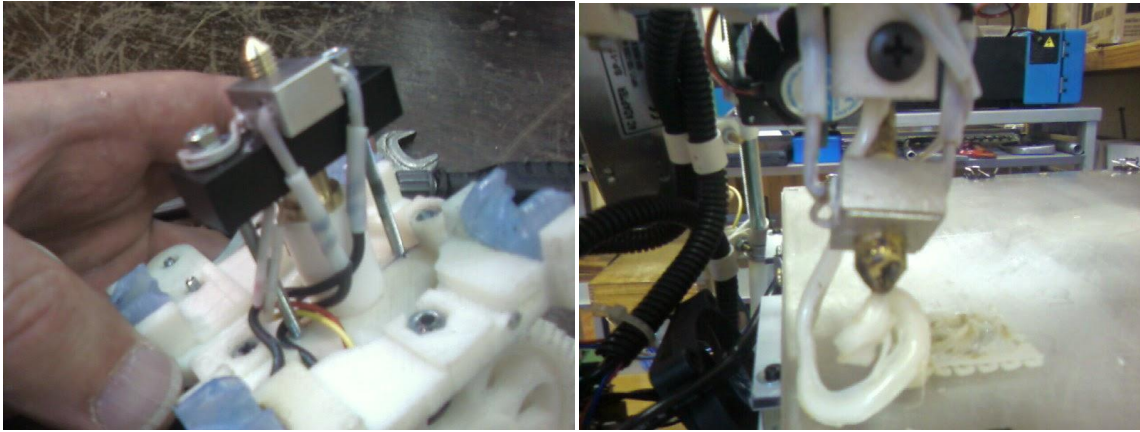


Рис.1-54

Так же это утолщение создает основное сопротивление экструзии, так как материал прилипнет к стенкам ствола экструдера.

Для уменьшения величины этого сопротивления можно применить внутреннее покрытие из фторопласта (лайнер), если не предполагается работа с температурами выше 250- 280°C.

Для более высоких температур единственное, что можно сделать – это использовать максимально гладкую поверхность (выполнить химическую полировку поверхности – чем меньше микроцарапин, тем лучше).

По этой же причине не стоит ковырять в экструдере чем попало, наверняка возникнут царапины, к которым будет прилипать материал.

Так же, чем более короткой будет зона теплового градиента, тем меньше будет площадь контакта застывшего расплава со стенками ствола, и для того, чтобы сорвать прилипший материал потребуется меньше усилий. Значит, тепловой перепад должен быть как можно круче.

Обеспечить такие характеристики зоны теплового градиента можно как применением материала ствола с низкой теплопроводностью (PEEK), так и принудительным охлаждением (радиатор с обдувом, водяное охлаждение или элемент Пельтье).

Также это объясняет, почему на прогретом экструдере из PEEK с длинным стволом, постоявшем без движения некоторое время, происходит срезание прутка шкивом подачи, расплав подтек вверх и крепко застыл!

В зоне В происходит пластификация материала.

Её оптимальная длина так же будет зависеть от диаметра сопла экструдера, свойств материала, диаметра прутка и скорости печати.

Для ABS – пластика 2,8мм и сопла 0,5мм я считаю оптимальной длину зоны плавления 10 диаметров прутка, то есть около 30 мм.

Для остальных материалов и диаметров надо подбирать экспериментально, пока наука не даст методик для определения этих размеров хотя бы ориентировочно.

Сопло – (зона Г) должно иметь внутреннюю конфигурацию, обеспечивающую ламинарное движение расплава.

Пока все применяют конусную версию с углом 120 градусов, это дает вполне приемлемые результаты на средних скоростях печати.

Длина сопла у меня для сопла Ф 0,5мм составляет около 2мм, то есть около 4-х диаметров, струя пластика в этом случае оказывается ровной и аккуратной, с постоянным диаметром вне зависимости от скорости экструзии (проверяется в PrintRun), хотя этот параметр требует проверки и уточнения на практике.

Так же весьма важна геометрия внешней поверхности сопла.

Я выполняю его в виде конуса 120 градусов, кончик имеет плоскую площадку диаметром 2,5-3 диаметра сопла.

Эта площадка выполняет роль разглаживающего утюга, что позволяет получить ровную не бугристую поверхность печатаемого изделия.

Очень важно, чтобы эти поверхности были максимально гладкими, их необходимо полировать, чтобы материал не прилипал и не тащился за ними в виде соплей.

Возможно, что хорошим дополнительным решением будет покрытие поверхностей фторопластовым лаком типа ЛФ-32К (пока я его не достал).

Соответственно, конструкция крепления HotEnd-а должна обеспечивать вертикальность и жесткость его установки относительно поверхности печатной платформы.

В дальнейшем я предполагаю проверить конфигурацию сопла с геометрией, обеспечивающей пониженную на 5-10°C температуру на срезе сопла.

Это может способствовать стабилизации диаметра струйки материала на выходе и снижению его подтекания (OOZE).



Рис.1-55

Узел нагревателя должен быть выполнен в виде отдельного элемента (у Джейхед этот узел интегрированный), это позволит менять сопло и выполнять чистку HotEnd-а, не разбирая узел нагревателя.

Вообще-то, я не сторонник варианта HotEnd-а со сменным соплом (кроме опытно-лабораторной версии), если его часто переставлять, то такое соединение всё равно когда-нибудь потеряет герметичность, что приведет к подтеканию расплава.

Гораздо удобнее предусмотреть быстросъемную конструкцию нагревателя сопла и менять только ствол экструдера вместе с соплом. Теперь о другом, не менее важном узле экструдера – CoolEnd-е.

Его конструкция должна обеспечивать стабильную и предсказуемую подачу прутка материала в ствол HotEnd-а с требуемой скоростью и усилием.

Для машин средней производительности (до 1см³ в минуту, а таких большинство), в случае применения прутка 1,75мм надо пропихивать до 420 мм прутка в минуту.

Если диаметр шкива подачи равен 8мм, то он должен вращаться со скоростью 17 об/мин. при усилии до 10кг. Это совсем немного.

Широко используемые шаговые двигатели (200 шагов на оборот) при частоте коммутации 400 Гц, дают соответственно 2 об/сек на выходе, при этом момент на валу падает процентов на 30-40, в зависимости от качества двигателя и контроллера ШД.

Этим объясняется широкое использование прямого привода, когда шкив подачи установлен непосредственно на валу двигателя.

Такое решение предельно простое, но во всех смыслах не оптимальное.

Для обеспечения нужного усилия подачи прутка требуется применить двигатель с моментом на валу 2,5 кг/см в случае использования шкива подачи Ф 8мм.

Такой двигатель весит достаточно много, около 300-400 грамм, и сильно нагружает двигатели перемещения по X-Y (а иногда и по Z).

К тому же, для двигателя экструдера очень важен режим тока удержания, двигатель не должен проворачиваться назад под действием реакции сжатого прутка после прекращения движения. Большой двигатель потребляет большой ток и больше греется, а при прогреве градусов до 60°C, его момент падает раза в два, что приводит к пропуску шагов на подаче.

Кстати, именно по этому можно видеть, как на двигатели крепят различные вентиляторы для их охлаждения (см.REPRAPPRO). Вообще-то, двигатель экструдера в режиме удержания должен попадать в режим насыщения по току.

То есть, при питании 12В и токе насыщения 1А, сопротивление обмоток должно быть 12 Ом. Для снижения массы экструдера разумно применять редукторный вариант привода.

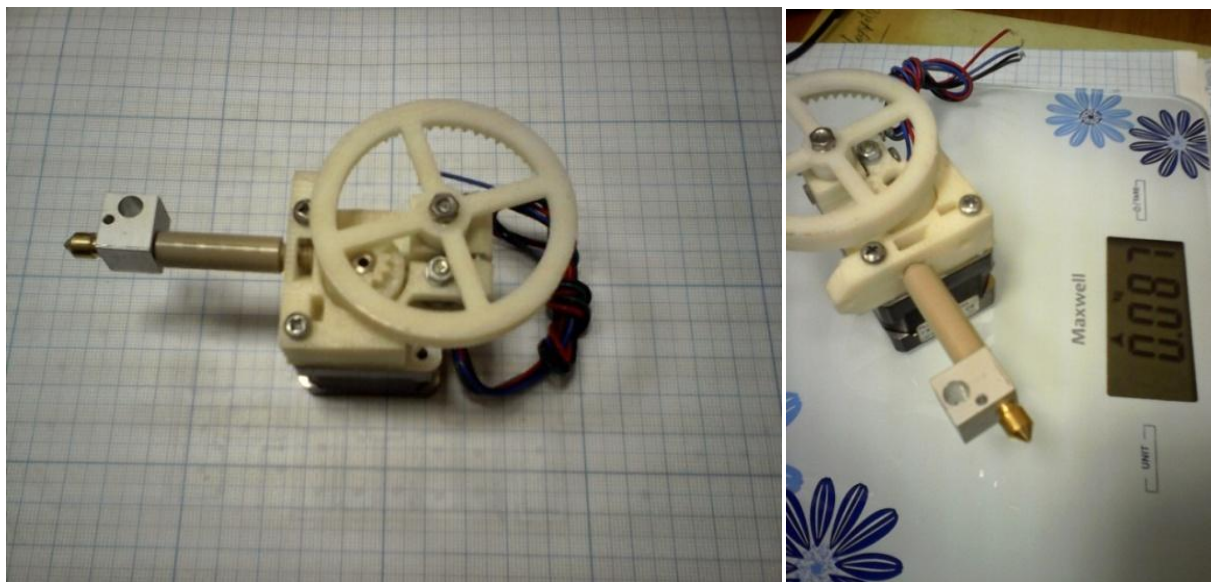


Рис.1-56

Такой я нашел на Thingiverse, и на настоящий момент считаю его наилучшим для небольших принтеров.

Если предполагается работа со значительной скоростью подачи прутка, то есть смысл применить двигатель на 48 шагов от какого-нибудь принтера EPSON с редуктором 1/5 -1/10. Очень важным элементом CoolEnd-а является шкив подачи.

От качества его изготовления зависит точность и стабильность подачи прутка, и соответственно, качество печати принтера.

Для небольших принтеров средней производительности оптимальным является шкив диаметром 8мм. Шкив должен иметь минимальный эксцентриситет и овальность, а насечка не должна иметь дефектов.



Рис.1-57

Это яркий пример работы принтера с дефектным шкивом подачи. Видно, как проявляется модуляция экструзии материала в зависимости от изменения эффективного радиуса шкива.

А это тот же принтер, но с правильным шкивом.

Я изготовил и перепробовал массу самых разных вариантов шкивов подачи, это лишь некоторые из них;



Рис.1-58

Общие выводы по конструкции шкивов такие:

Hobbed Bolt, как в PRUSA MENDEL является приемлемым вариантом для удовлетворительной печати с соплом 0,5мм и начинающих репрапперов.

Железо строительных болтов мягкое, зубчики насечки под давлением прутка загибаются неравномерно, а диаметр шейки болта 8мм плюс-минус лапоть, поэтому он болтается в подшипниках.

Идеальным вариантом было бы изготовление шкива с помощью специальной профильной накатки и последующей закалки шкива, но такого накаточного инструмента я не нашел даже на заводе Полиграфмаш, поэтому для самостоятельно изготавливаемых шкивов подачи я могу рекомендовать следующее;

Лучшим материалом из доступных является пруток из бронзы или латуни.

Это достаточно твердый и легкообрабатываемый материал, к тому же он не дефицитен.

Нарезка резьбы осуществляется метчиком М4, как для прутка 2,8мм, так и для 1,75мм.

Метчик надо обязательно подпирать с помощью патрона в задней бабке станка, тогда он не будет прыгать при нарезке резьбы.

Использование нарезки резьбы метчиком М3 можно рекомендовать только для прутка 1,75мм, принтеров с высоким качеством печати и малой скоростью экструзии (очень маленький зуб насечки не позволяет создать высокое усилие подачи прутка).

Диаметр шкива – важная вещь, чем он больше, тем больше пятно контакта с прутком, но усилие подачи прутка падает пропорционально увеличению диаметра шкива.

Оптимальный диаметр шкива в зависимости от поставленной задачи находится в пределах 8-12мм.

Если в качестве оси шкива используется винт М3 (М4), то заготовка шкива должна быть накручена на этот винт (выбрать самый ровный!), и проточена на токарном станке для устранения эксцентриситета.

Далее с помощью фигурного резца надо выбрать канавку радиусом 2,5мм и глубиной 0,5 – 0,7мм.

Это необходимо для того, чтобы метчик при нарезке насечки шкива занимал вполне определенное положение на поверхности шкива, а зубчики нарезки не были острыми.

Нарезку насечки следует выполнять не снимая шкива с винта – оси, это теперь неразборный узел!

Мой опыт показывает, что из 10 изготовленных шкивов 3-4 это брак, 3-4 получаются удовлетворительно, и только 2-3 (реже 4) меня полностью устраивают.

Применение в качестве прижимного ролика стандартного подшипника диаметром 10-15мм для принтеров средней производительности вполне оправдано, надо только учитывать, что с таким прижимом пруток существенно удлиняется (процентов на 8-12, в зависимости от материала прутка и усилия прижатия ролика), и приобретает скорее прямоугольную в сечении форму, чем круглую.

В этом можно убедиться, засунув в готовый узел 10 см. прутка и вручную провернув шкив подачи.

Такой тест позволит оценить растискивание материала в CoolEnd –е, и убедиться в качестве работы шкива ещё до установки узла на принтер. Потом снимать его будет гораздо сложнее!

Кстати, одновременно можно увидеть, есть ли модуляция по сечению прутка из-за эксцентриситета шкива подачи, и оценить создаваемое CoolEnd-ом усилие на прутке.

Для использования в принтере с высокой производительностью, я предполагаю использовать узел подачи с активным прижимом, который должен состоять из 2-х одинаковых шкивов, вращающихся навстречу друг другу с помощью шестерен.

Пятно контакта с прутком в этом случае удвоится, и усилие до момента срезания прутка можно будет увеличить раза в полтора.

Почему мне не нравится боуденовская система подачи прутка?

Уже слышу голоса правоверных швейцарцев – Вам не нравятся кошки? Вы просто не умеете их готовить!

Тем не менее, у меня есть серьезные аргументы против этой схемы.

Когда зона А очень длинная, то упругие свойства прутка приводят к тому, что двигатель экструдера должен подать пруток на достаточную величину, чтобы припай материала в зоне Б оторвался от стенки, при этом пруток в трубке начнет принимать спиральную форму (возьмите прозрачную трубку длиной в метр, запихните туда пруток и убедитесь сами), плюс ещё добавится упругое растяжение трубки подачи.

Оторвется он щелчком, и из сопла вылетит сопля.

Далее экструзия будет продолжаться, пока пруток не расправится от напружиненности.

Поскольку жесткость прутка меняется в зависимости от температуры окружающей среды, процесс становится трудно предсказуемым, а качество печати мелких элементов неизбежно упадет.

Не даром основной идеолог боуденовской схемы Эрик де Брюин в своих Ultimaker-ах использует пруток 2,8мм и базовое значение ретракта установлено 4,5 мм! Его жесткость существенно выше, чем у прутка 1,75мм.

Я с огромным уважением отношусь к его работам, но у меня есть свое видение проблемы.

Сейчас я пользуюсь HotEnd собственной конструкции.

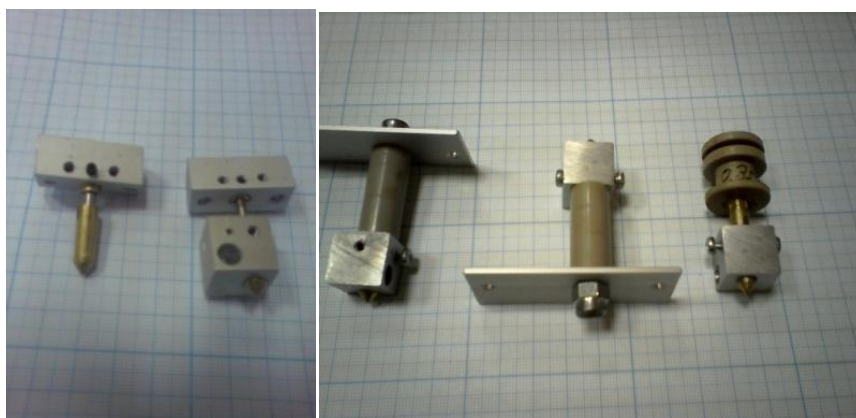


Рис.1-59

На мой взгляд, главные характеристики HotEnd следующие:

1. Диаметр сопла – от него зависит качество поверхности напечатанной модели и скорость печати. Чем сопло меньше, тем выше качество, но скорость печати падает пропорционально **кубу** соотношения диаметров! Если соплом 0,5мм свисток печатается 16 минут, то тот же принтер, но с соплом 0,25мм напечатает этот же свисток за 2 часа с хвостом. На мой взгляд, оптимальным является сопло диаметром 0,4-0,5мм.
2. Максимальная рабочая температура HotEnd. Для наиболее распространённых пластиков (ABC, PLA, NYLON) она должна быть не меньше 240°C, такую температуру хорошо выдерживает конструкция с теплоизолятором из пластика PEEK. Но если превысить эту температуру, то результат будет как на первом рисунке.

3. Усилие, необходимое для экструзии прутка – чем оно меньше, тем лучше (мотор может быть меньшей мощности и, следовательно, более лёгкий).
4. Вес HotEnd - чем меньше, тем лучше.
5. Длина. Длинный HotEnd может «болтаться» на высоких скоростях печати.
6. Популярны сейчас, цельнометаллические HotEnd-ы, могут работать при температурах до 350°C, но усилие для экструзии прутка у них примерно вдвое выше, чем у HotEnd-а типа J-head (с фторопластовым лайнером), поэтому они пригодны только для малоскоростной печати специальными высокотемпературными материалами.

Конструкция CoolEnd должна обеспечивать точную подачу пластикового прутка в нужном количестве за нужное время с нужным усилием.

Существует масса различных вариантов CoolEnd:



С прямым приводом



с редукторным приводом

Рис.1-60

В CoolEnd с прямым приводом шкив подачи прутка устанавливается непосредственно на вал двигателя, это самая простая конструкция. Но мотор в этом случае нужно использовать мощный и тяжелый, и всё равно, его момента не достаточно, чтобы печатать на скорости больше, чем 40-50мм/сек. Можно использовать фирменный мотор-редуктор, но они очень дороги и дефицитны, поэтому в хороших принтерах RepRap сейчас используются только CoolEnd с редуктором.

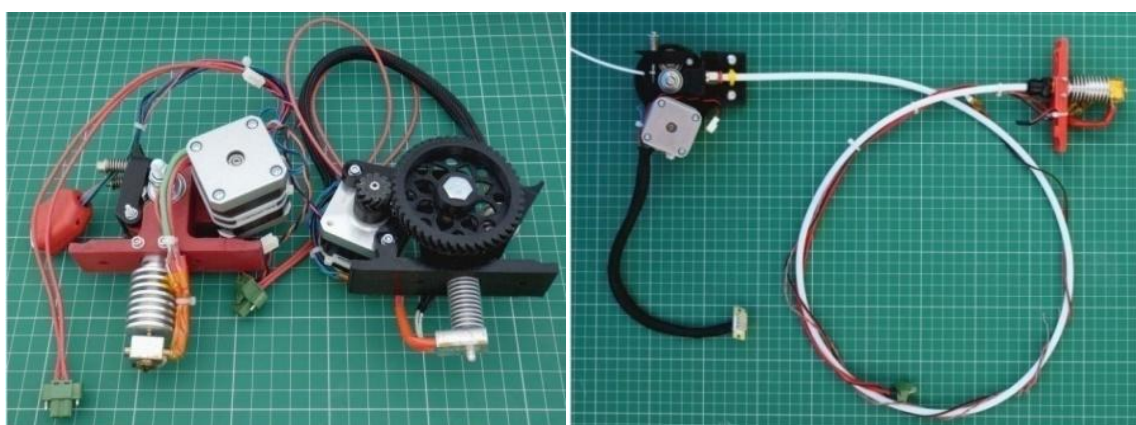


Рис.1-61

Достаточно часто используется версия «боденовского» экструдера, в котором CoolEnd установлен на раме принтера неподвижно, а HotEnd - на каретке принтера. Соединяются они с помощью «боденовской» трубки, по которой движется пластиковый пруток. Такая конструкция уменьшает массу инструмента,

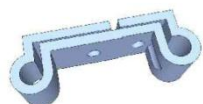
ГЛАВА 3.

УЗЛЫ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ (АКТУАТОРЫ)

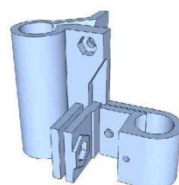
Большинство принтеров RepRap построено по классической схеме, где перемещение экструдера происходит в декартовой системе координат X-Y-Z. Конструкция такого механизма называется картезианской. Для её работы надо преобразовать вращательное движение мотора в поступательное. Такое устройство называется актуатором. Конструкцию актуаторов мы опять рассмотрим на примере принтера Portabee-Corpus.

1. Актуатор оси X, на нём установлен экструдер принтера;

В него входят следующие детали:

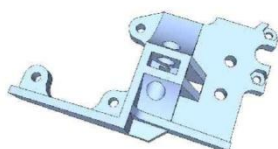


2 Концевика направляющих



Каретка

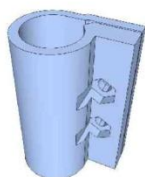
оси X



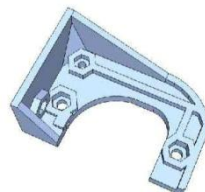
Узел крепления мотора



Узел крепления ролика ремня



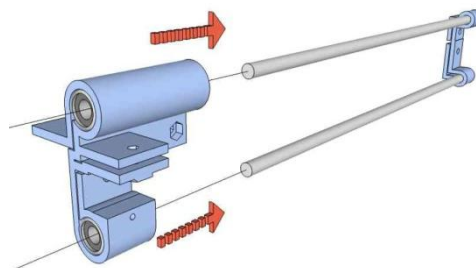
2 узла подшипников Z



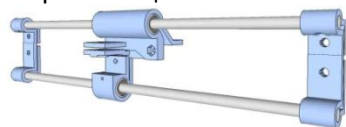
Узел крепления экструдера



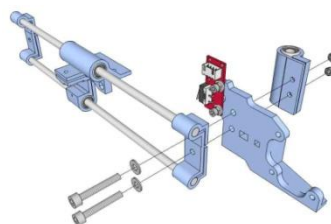
В концевую часть
Установим 2 круглых
направляющих



На направляющие устанавливаем
каретку X со вставленными в неё
подшипниками скольжения



Устанавливаем 2-ю
мотора
концевую часть



винтами соединяем узел крепления
мотора и корпус подшипника по оси Z

Рис.1-62

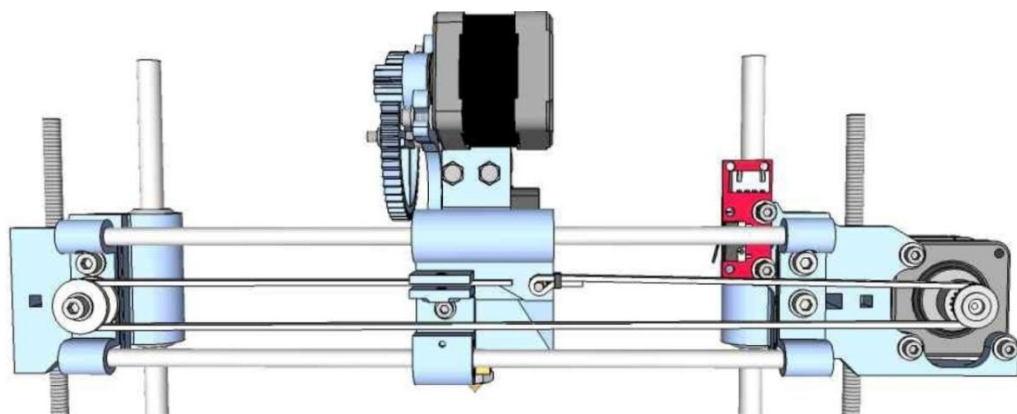
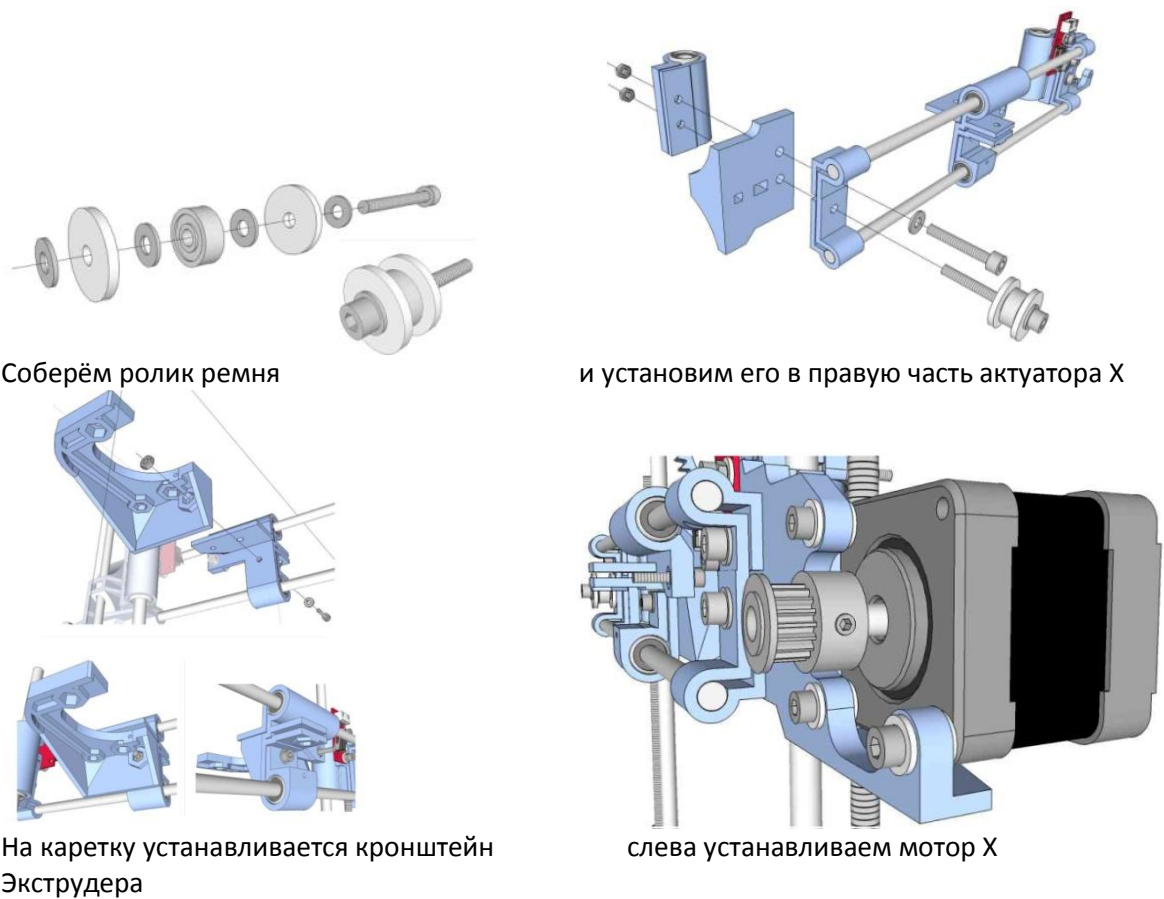


Рис.1-63

Закрепляем узел экструдера и устанавливаем ремень перемещения каретки X

Сборка актуатора по оси X закончена.

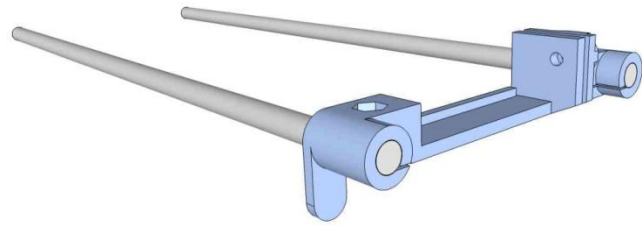
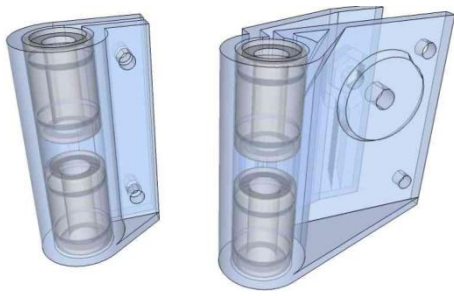
Узел актуатора по оси Y имеет другую конструкцию, в которой происходит перемещение сборки из осей относительно неподвижной каретки с мотором.

Такая конструкция выбрана для уменьшения количества деталей узла и его размеров.

В состав узла входят следующие детали:

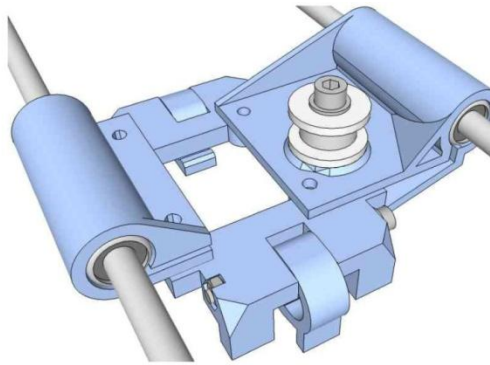
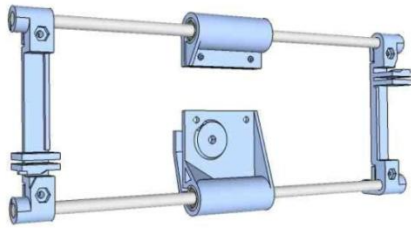


Рис.1-64



устанавливаем оси в концевую часть

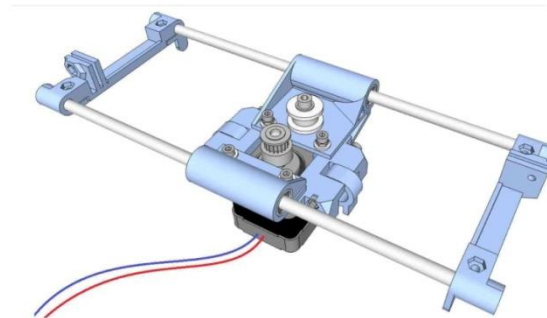
устанавливаем подшипники



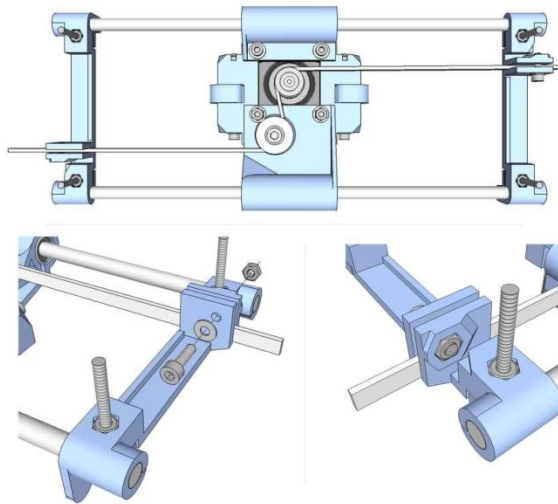
Устанавливаем на оси узлы подшипников и вторую концевую часть

закрепляем каретку на узле подшипника с помощью ролика ремня

Рис.1-65



Окончательно узел каретки У закрепляется винтами крепления шагового двигателя.



Устанавливаем ремень каретки Y

Рис.1-66

Актуаторы оси Z демонстрируют 3-й возможный вариант исполнения, к тому же, являющийся частью конструкции рамы принтера.

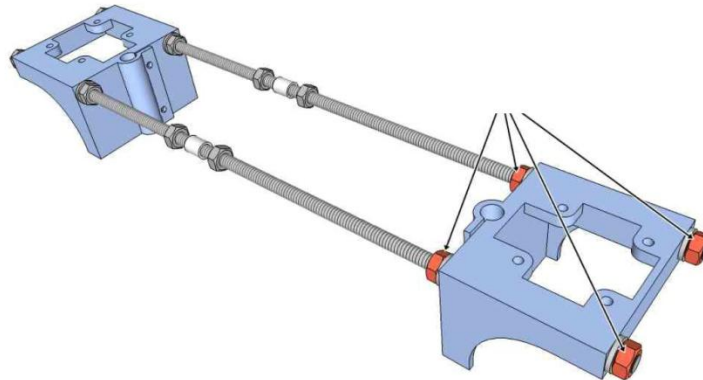
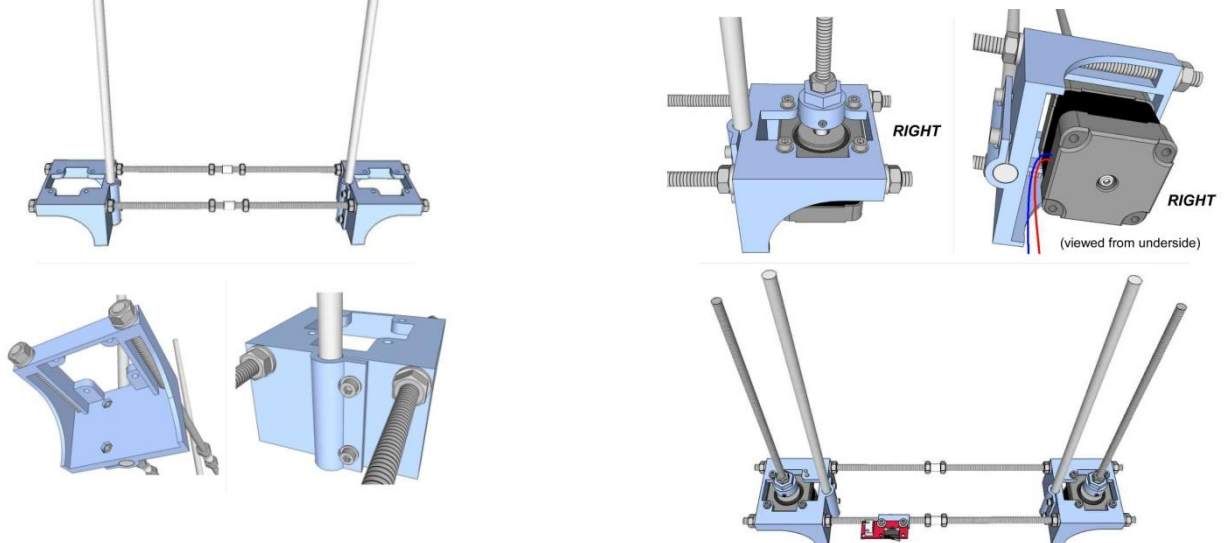


Рис.1-67

Здесь 2 концевые части рамы скрепляются 2-мя резьбовыми шпильками, выполняющими роль силовой части рамы принтера.

В концевые части устанавливаются 2 направляющие оси Z и фиксируются винтами.



Устанавливаем моторы Z с ходовыми шпильками

На раму устанавливаем каретку рабочего стола (Y)

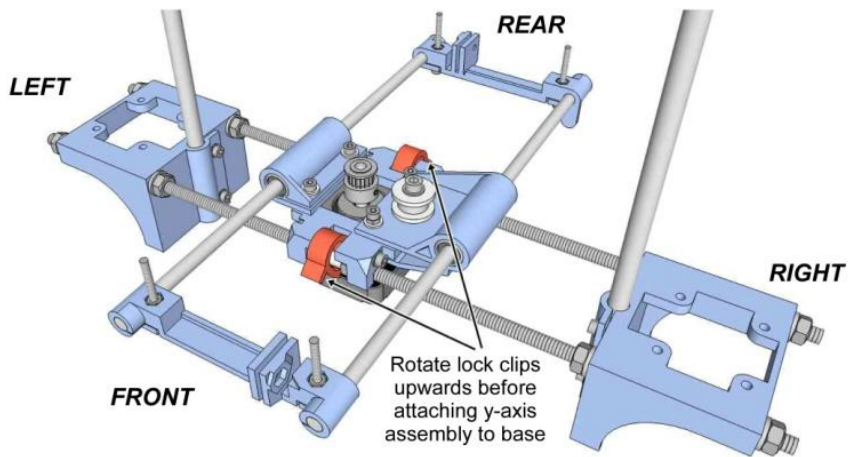


Рис.1-68

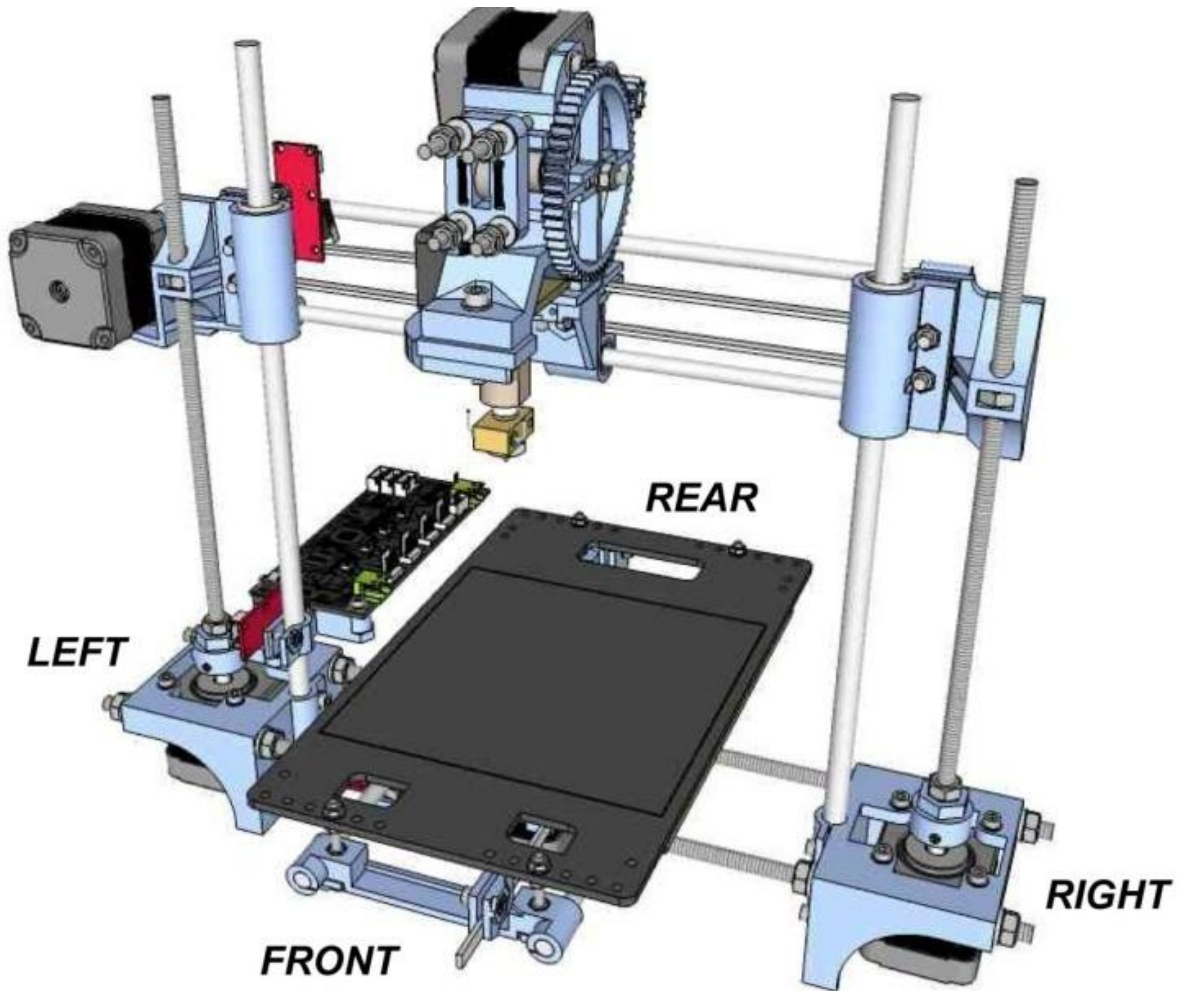


Рис.1-69

После установки рабочей платформы и модуля электроники основная часть сборки принтера закончена.

КОММЕНТАРИИ АВТОРА

Для изготовления актуаторов 3D –принтера можно использовать самые различные детали, самый простой способ (и самый затратный) – купить готовые актуаторы заводского изготовления.



Рис.1-70

Можно использовать покупные ремни, шкивы, круглые направляющие и линейные подшипники.



Рис.1-71

Такой путь менее затратен, и дает хороший результат, но можно обойтись тем, что кто-то выбросил, или теми материалами, которые есть в продаже в строительных магазинах. Хороший источник деталей – это вышедшая из строя оргтехника, особенно большая. В копировальных машинах и принтерах вы найдёте почти всё необходимое для сборки 3D –принтера; шаговые двигатели и драйвера к ним, оси, ролики, подшипники, механические и оптические датчики, массу винтиков, и ещё много чего...

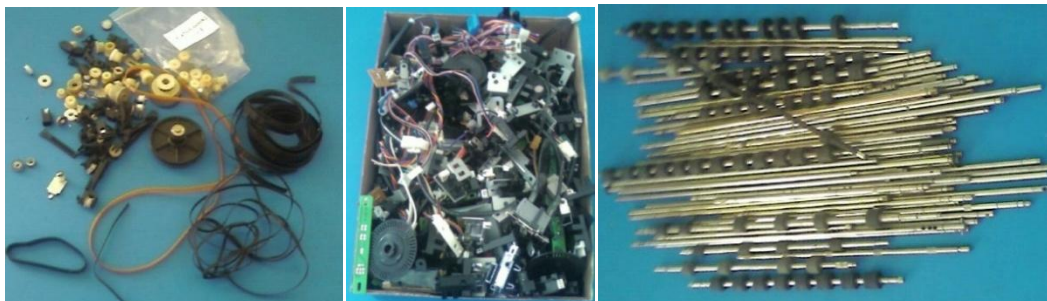


Рис.1-72

Практический опыт показал, что материалы из строительных магазинов также могут быть использованы для этих целей. Для создания небольших принтеров (зона перемещения не более 200мм) можно использовать круглые алюминиевые штанги диаметром 8мм. Мебельные рельсы – тоже неплохие заготовки для изготовления небольших актуаторов. Правда, их потребуется переделать – убрать одну из подвижных частей (лучше – верхнюю), и убрать фиксатор, чтобы движение было симметричным в обе стороны. Достоинством таких направляющих является их небольшая высота.



Рис.1-73



Рис.1-74

Для привода актуатора прекрасно подходит рыболовная леска или шнур.

ГЛАВА 4.

РАМА (ШАССИ) 3D- ПРИНТЕРА.

Рама 3D- принтера должна иметь достаточную жесткость и прочность для того, чтобы точность позиционирования сопла экструдера относительно рабочей платформы принтера была достаточной для качественной печати. В первом приближении, эта величина должна составлять 1/10 от диаметра используемого сопла. Так, если сопло используемого экструдера имеет диаметр 0,5мм, то точность его позиционирования должна быть 0,05мм. Получить такие характеристики не так просто, поскольку в системе перемещения и позиционирования люфты и прогибы входящих в состав элементов суммируются. Если посмотреть на схему 3D- принтера, то можно увидеть, что для 3-х координат используются 3 актуатора, и при использовании абсолютно жесткой рамы ошибка по каждой из осей не должна быть больше, чем 0,017мм. Если учесть, что самодельная рама тоже не отличается высокой жесткостью, то ошибку надо снизить до величины 0,01мм. Все эти особенности ограничивают диаметр используемого сопла (если люфты системы позиционирования составляют 1мм, а используемое сопло – 0,1мм, то экструдер просто будет выдавливать расплавленный пластик мимо кромки модели в воздух, и вместо модели на столе вырастет ком из спутанной нити) и точность печати модели.



Рис.1-75

Даже простейший настольный сверлильно - фрезерный станочек весит 40-50Кг и стоит 1500-2000USD, и всё равно, при прямом и обратном ходе фрезы её конец отклоняется на добрых 0,5мм из-за реактивного момента, действующего на фрезу.

Тем не менее, построить прилично работающий 3D- принтер можно, главное достоинство FFF-технологии состоит в том, что это – **БЕСКОНТАКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ!** Инструмент не касается печатаемой детали, и усилие от взаимодействия инструмента и модели отсутствует.

Выбор конструкции рамы реально работающего 3D- принтера должен соответствовать в первую очередь требованиям функциональности, а уж потом – всевозможным дизайнерско - художественным изысканиям.

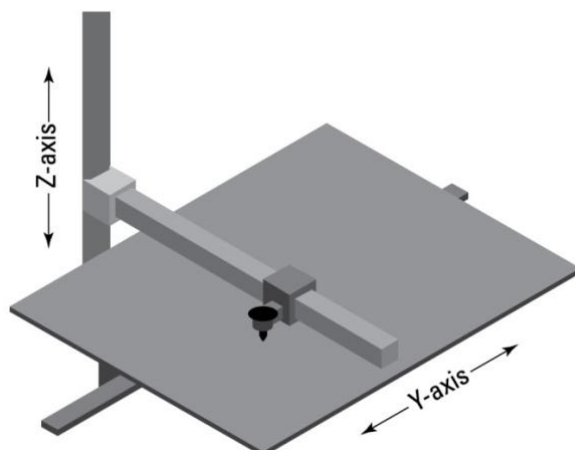


Рис.1-76

Самая понятная и распространенная схема позиционирования использует Декартову систему координат (картезианский робот). Декартова система координат носит название автора, французского математика и философа, Рене Декарта. Его система используется для описания положения любой точки в трехмерном пространстве, измеряя расстояние в трех координатах от начальной точки. Для 3D-принтера исходная точка представляет собой домашнее (нулевое) расположение экструдера на рабочей платформе. Тип системы перемещения принято обозначать как (оси перемещения экструдера)+(оси перемещения рабочей платформы).

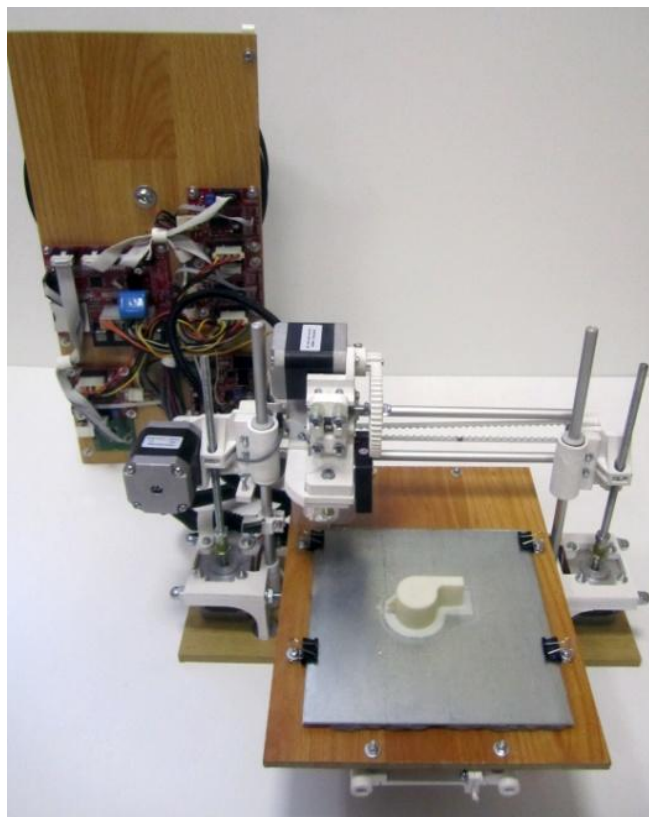


Рис.1-77

Для принтера Portabee-Coryrus схема описывается как XZ+Y.

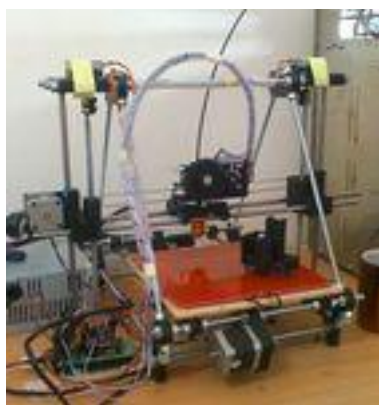


Рис.1-78

Такую же схему имеют очень популярные модели PRUSA V2 MENDEL90 PRUSA i3 и другие.

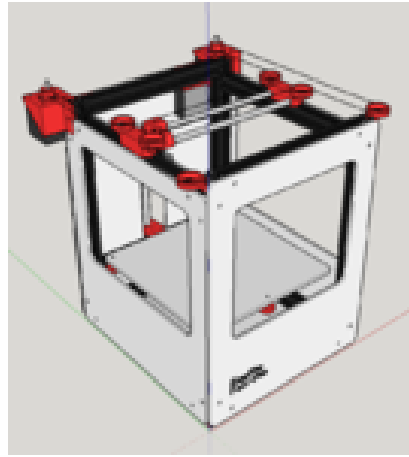


Рис.1-79

Так же, очень популярна схема XY+Z. По такой схеме выполнены, например ULTIMAKER и TANTILLUS.

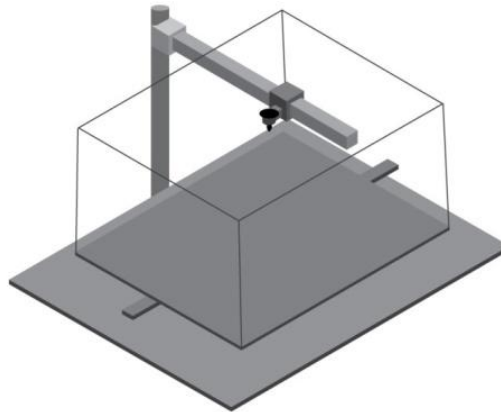


Рис.1-80

Рабочий объем 3D-принтеров, выполненных по декартовой схеме, описывается как прямоугольная область, и ограничивается максимальной величиной перемещения по каждой из осей. Декартовы системы могут легко масштабироваться до большего объема за счет расширения и укрепления рамы и направляющих, а так же, более мощных моторов и контроллеров двигателей. Вы сами можете продолжить список возможных вариантов схем принтеров, которые можно реализовать в Декартовой системе координат и проанализировать их достоинства и недостатки.

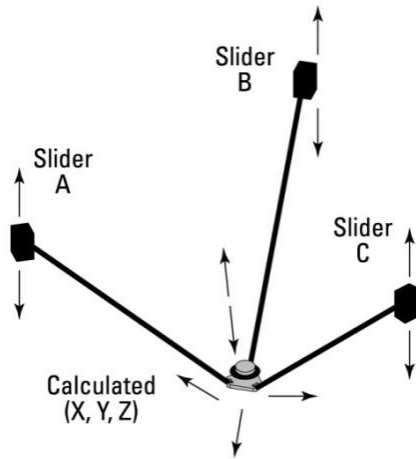


Рис.1-81

Ещё одна, быстро набирающая популярность схема позиционирования – DELTA (Дельта-робот). В этой схеме 3 движущиеся параллельно каретки соединяются с помощью шарнирных рычагов с узлом, на котором закреплен экструдер принтера. Этот узел называется эффектор. Нужная величина перемещения каждого из 3-х линейных актуаторов, связанных шарнирными тягами с эффектором пересчитывается математически управляющей электроникой принтера. Примерами Дельта - принтера могут служить Росток-мини и 3Dr Ричарда Хорна. Дельта-принтер строится из 3-х одинаковых по конструкции линейных актуаторов и 6-ти шарнирных тяг, передающих движение на эффектор экструдера. Конструкция содержит меньше деталей, и большинство из них – одинаковые. Принтеры Дельта-типа описаны некоторыми наблюдателями как "веселая машина", потому что они всегда находятся в движении, независимо от того, поднимается экструдер или опускается, передвигается экструдер по плоской поверхности, или перемещается между любыми двумя местами в трехмерном пространстве. Длина тяг между каретками актуаторов и эффектором экструдера ограничивает рабочий объем, который в своей самой верхней точке должен быть ниже кромки сопла экструдера. Хотя технически экструдер перемещается в треугольном пространстве, рабочий объем для большинства принтеров дельта-типа представлен высоким цилиндром над рабочим столом. Объекты могут быть построены, пока все элементы вписываются в цилиндрический объем.

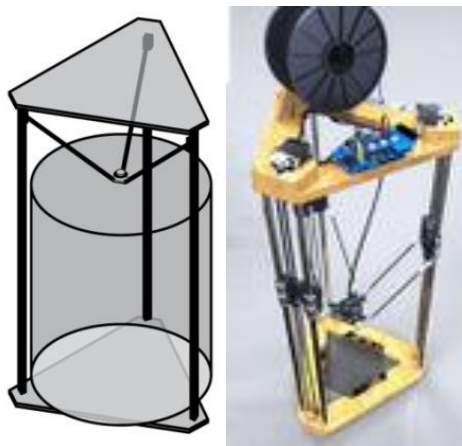


Рис.1-82

Принтер дельта-типа не зависит от увеличения веса печатаемого объекта, так что он может быть изготовлен из легких металлов, такого как алюминий или локально доступных конструкционных материалов, таких как бамбук.

Для перемещения массы экструдера и материала для печати, принтеры дельта-типа могут использовать в трансмиссии зубчатые ремни, легкие цепи, или даже рыболовную леску для подключения каждой каретки к соответствующему двигателю.

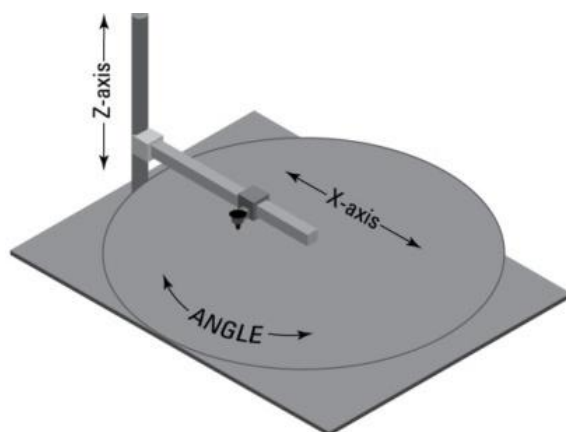


Рис.1-83

Третий способ для перемещения экструдера в трехмерном объеме включает в себя вращающийся рабочий стол или держатель экструдера вокруг центральной точки, для того, чтобы построить один слой. Этот тип конструкции, основанный на полярной системе координат, описанной греческими астрономами и астрологами, опирается на вращение вокруг неподвижного полюса (как в декартовой системе) и измерение расстояния вдоль радиуса или луча от этого полюса под углом тета (θ), чтобы представлять степень вращения. Зная расположение полюса, угол тета, и расстояние от оси, проходящей через полюс, любая точка в этой плоскости может быть определена с помощью полярной системы координат.

настоящий полярный 3D-принтер выглядит так - имеется вращающийся рабочий стол, над которым экструдер будет двигаться от центра и вверх.

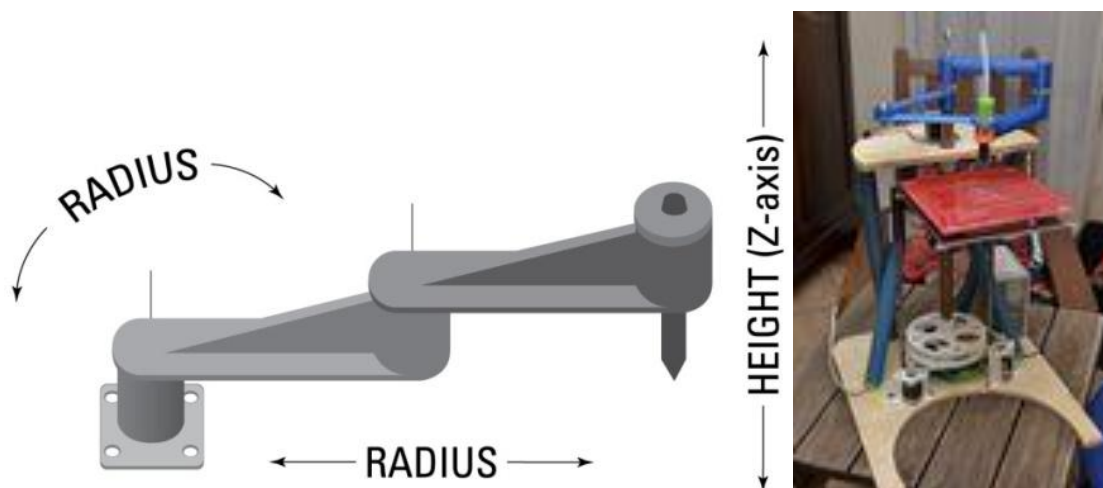


Рис.1-84

Так же есть вариант системы полярного типа, используемый в SCARA-роботах, которые выполняют тот же самый тип движения, использующих руку из нескольких деталей, вращающихся вокруг общего полюса. Используя четыре сегмента соединённых в параллелограмм, можно управлять из центрального полюса положением экструдера.

SCARA- 3D-принтер был разработан инженером из Южной Африки Квентином Харли, который он назвал RepRap Морган. При использовании шарнирной руки и неподвижной рабочей платформы, эта конструкция позволяет избежать трудностей в создании истинно полярной системы. Чтобы уменьшить сложность механических элементов поддержки, в SCARA- роботе используется только часть возможного полного круга вокруг центрального стержня. Его рабочий объем, как правило, ограничивается полукругом или менее, оставляя место по обе стороны рабочей платформы. Объекты могут быть построены таким образом, пока все элементы вписываются в объем полуцилиндра.

КОММЕНТАРИИ АВТОРА.

Идеология проекта RepRap предусматривает использование максимально доступных, дешёвых, а зачастую просто бросовых материалов для создания принтера. Конечно, можно соорудить ящик из неоструганных досок, скотлив их ржавыми гвоздями, и эта конструкция тоже будет работать, если создатель приложит определённые усилия к регулировке и настройке такого сооружения.

Есть пример изготовления рамы принтера из цемента.

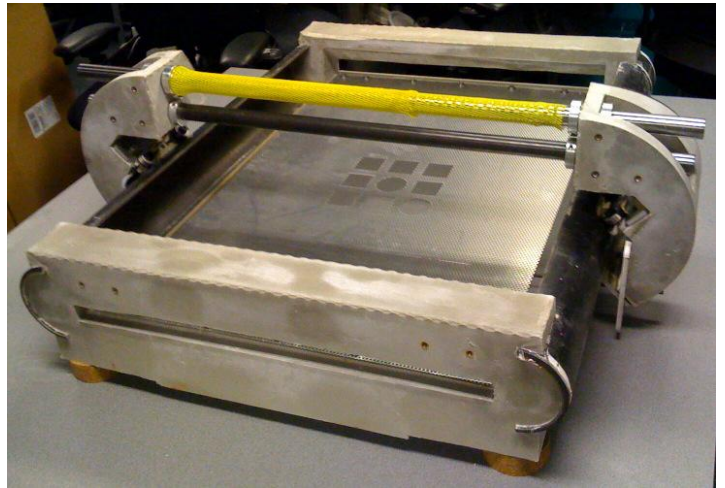
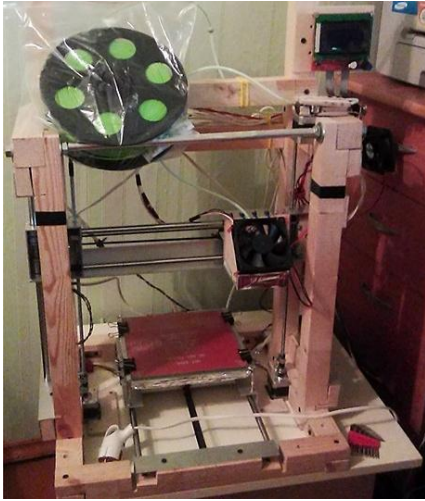


Рис.1-85

Так же, можно сделать раму из листа вспененного ПВХ.



Рис.1-86

Этот материал используется в рекламе для изготовления различных планшетов и щитов, в строительстве – для выравнивания стен. Он прекрасно режется ножом и отлично склеивается суперклеем, не дорог, хорошо выглядит, и продается в строительных магазинах.

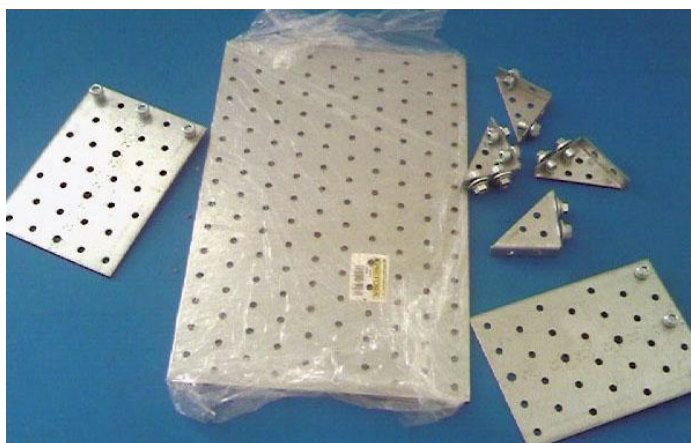


Рис.1-87

Алюминиевый станочный профиль Капуа – прекрасный материал для сборки рамы. Но делают его в Швейцарии, и цена у него – как у часов Rolex.

Можно использовать всевозможные закладные детали для монтажа столярных изделий, квадратные и круглые алюминиевые или пластиковые трубки, в том числе водопроводные (угловые соединители для этих труб тоже), резьбовые штанги, и прочие скобяные изделия.

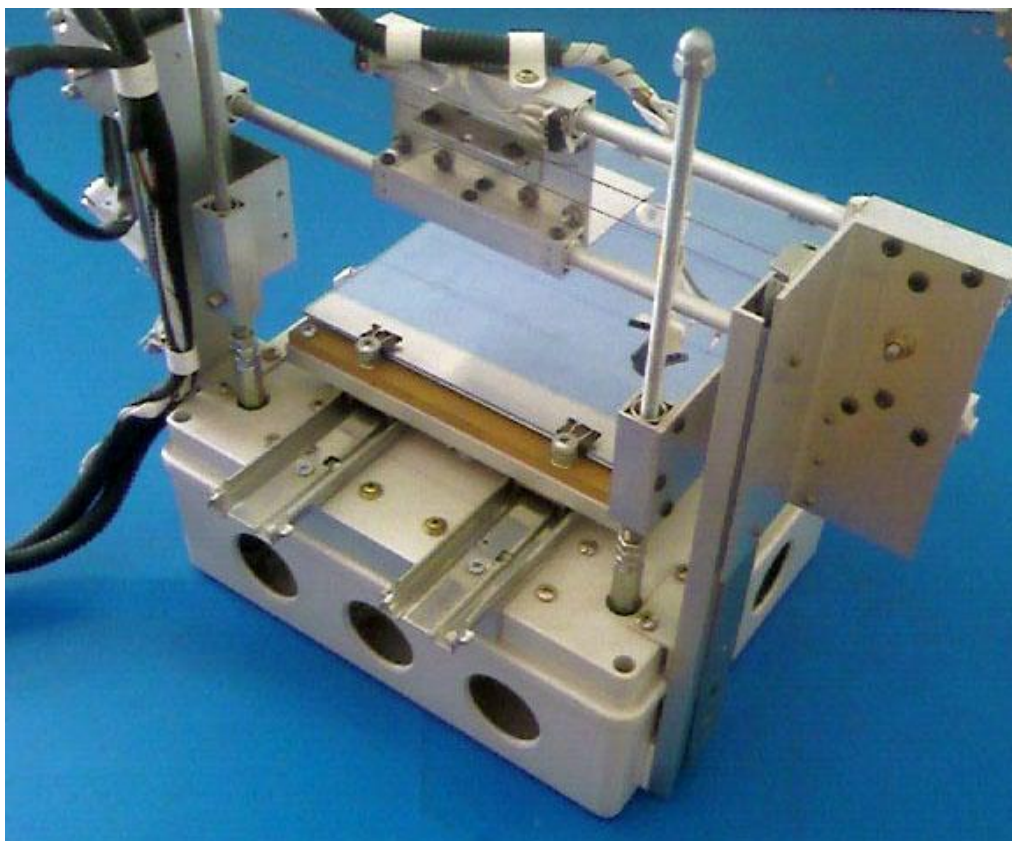


Рис.1-88

Стенд для испытания экструдеров я соорудил из большой распределительной коробки, мебельных рельсов и алюминиевых уголков из «максидома». Стальная рыболовная жилка была использована для перемещения кареток, получился вполне работоспособный принтер. Единственный недостаток конструкции – он слишком «музыкальный», натянутый тросик работает как струна гитары, и звенит достаточно громко.

Схема Дельта – принтера мне очень нравится своей функциональностью и лаконичностью, тем более, что она занимает на столе мало места, а вот принтера типа SCARA и Морган мне кажутся слишком вычурными.

ГЛАВА 5.

РАБОЧАЯ ПЛАТФОРМА

Рабочая платформа 3D-принтера – следующая важная составляющая конструкции, от которой очень сильно зависит качество печати. Конструкция рабочей платформы должна отвечать тем же требованиям, что и остальные узлы 3D-принтера;

1. Быть максимально лёгкой.
2. Жесткость конструкции (не должна прогибаться под действием нагрузки).
3. Должна иметь максимально плоскую поверхность.

Рабочая платформа может быть холодной или с подогреваемой рабочей поверхностью.

Платформа с подогревом предпочтительнее, так как позволяет существенно уменьшить брак при печати моделей, и позволяет использовать для печати различные виды пластика.

Конструкция рабочей платформы обычно состоит из 3-х элементов.

1. Основание с элементами регулировки относительно сопла экструдера.
2. Плоский нагревательный элемент с термодатчиком для поддержания заданной температуры.
3. Рабочая поверхность с адгезивным покрытием.

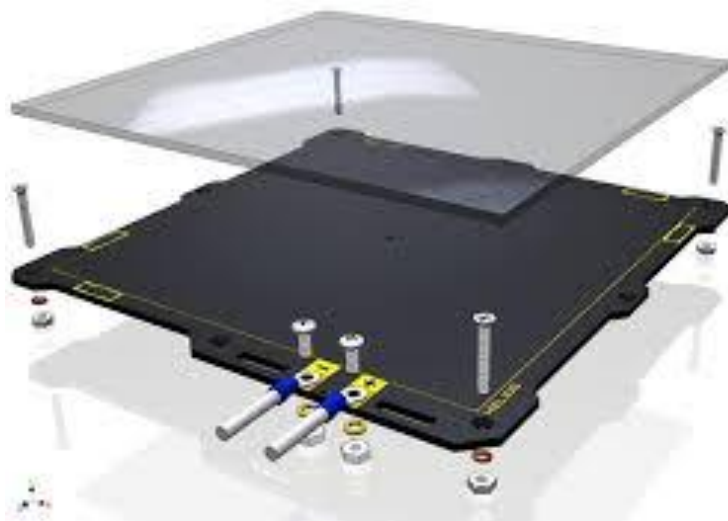


Рис.1-89

Рабочая платформа 3D-принтера может быть изготовлена из различных материалов, таких, как алюминий, оргстекло или фанера.



Рис.1-90

Многие 3D принтеры используют перемещение рабочей платформы вперед и назад по оси Y, поэтому желательно, чтобы и любые нагревательные элементы, были как можно легче, чтобы ось Y могла двигаться и ускоряться быстро.

Конструкция нагревательных элементов может быть различной, например, алюминиевая пластина с закреплёнными с обратной стороны резисторами, выполняющими роль нагревательных элементов.

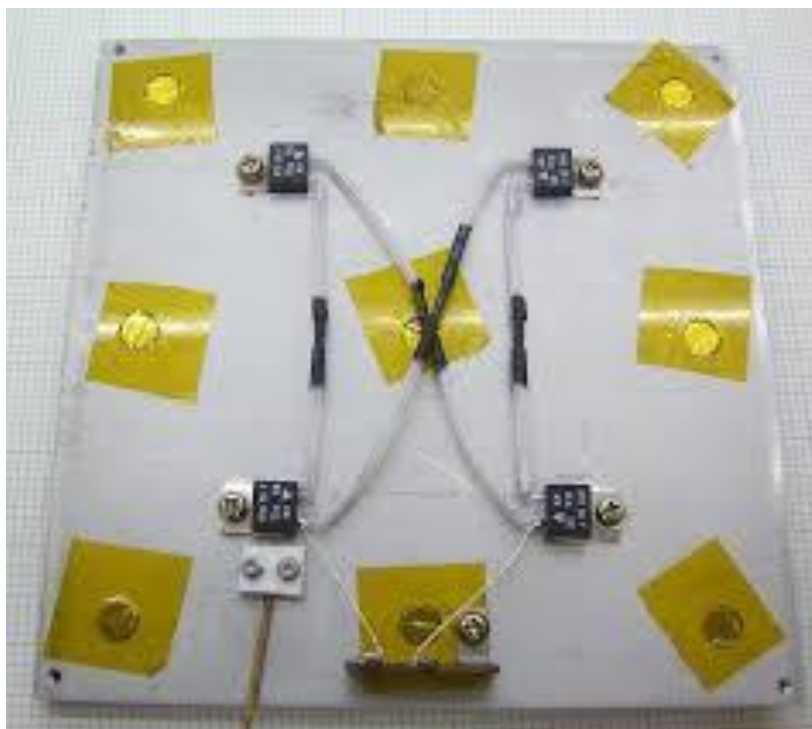


Рис.1-91

Для стандартных размеров рабочей платформы часто используются нагревательные элементы в виде печатной платы, соответствующим образом рассчитанной.



Рис.1-92

Сейчас появились нагревательные элементы в виде гибких печатных плат и силиконовых ковриков.



Рис.1-93

Также требуются теплоизоляция и способ выровнять рабочую платформу механически.



Рис.1-94

С подогревом вы можете печатать с более широким диапазоном материалов, но нагрев добавит еще один уровень сложности в процессе печати и требуется гораздо более мощный источник питания. Многие 3D принтеры могут распечатать PLA без подогрева рабочей поверхности. Это снижает общую стоимость 3D-принтера, но ограничивает вас в выборе материалов для печати меньшим диапазоном используемых материалов.

Вместо печати непосредственно на поверхность нагревательного элемента, как правило, используется дополнительная быстростъемная рабочая поверхность из тонкого стекла. При печати с PLA, материал прилипает непосредственно на чистую поверхность стекла при нагревании до 60 градусов °C; когда печать завершена, модель отклеится от стекла, когда она остынет. Если у вашего принтера нет подогреваемого рабочего стола, то лучшим решением будет использование адгезивного покрытия из синей ленты 3М (малярный скотч, №2090).

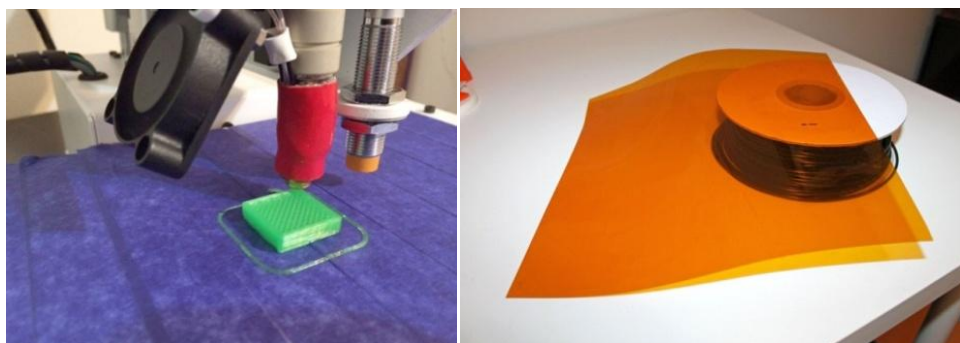


Рис.1-95

Второй вариант адгезивного покрытия – это широкий каптоновый скотч. ABS – пластик клеится к нему очень хорошо.

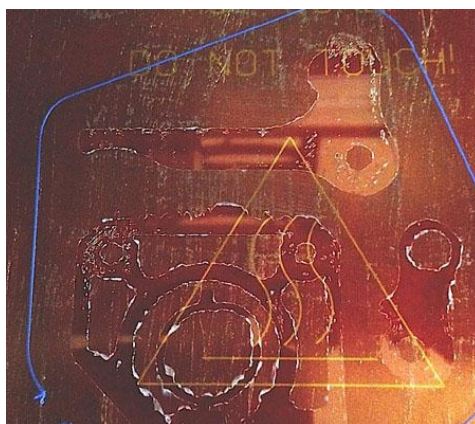


Рис.1-96

Следующий вариант адгезивного покрытия, специально предназначенного для работы с АБС – пластиком, это растворённый в ацетоне кусочек пластикового АБС – прутка, получается своего рода клей. Такой АБС клей получают растворением большой массы АБС нити (новой или после сбоя отпечатков) в чистом ацетоне до консистенции жидкой сметаны. Хранить такой клей надо в герметичной баночке, чтобы сохранить ацетон от испарения, это должна быть вязкая жидкость. Затем он может быть использован для покрытия непосредственно стекла или на каптоновую пленку. Эта смесь чрезвычайно липкая, и когда наносят тонкий слой, ацетон испаряется быстро. После того, как ацетон испарится, пленка АБС будет прочно держаться на поверхности рабочей платформы. Как только вы начинаете печатать, расплавленная АБС нить приварится к этой пленке, АБС хорошо прилипает сам к себе. В результате печати модель остается очень прочно приклеенной к конструкции платформы. И это работает настолько хорошо, что модель может быть трудно удалить с рабочей платформы, не повреждая её. Использование АБС- раствора может почти полностью предотвратить модель из АБС от коробления, что делает его очень популярным. Тем не менее, его использование может вызывать затруднения при работе. Конструкция рабочей платформы должна выдерживать воздействие ацетона, а при нанесении такого состава надо соблюдать осторожность (смесь пожароопасна) и аккуратность (не допускать попадания клея на другие поверхности и особенно на линейные направляющие). Кроме того, цвет АБС- клея покрывает низ печатной части модели.

Таким образом, если вы напечатали белую часть с черным АБС- клеем, дно модели будет в конечном итоге хотя бы частично черным. Тем не менее, это можно предотвратить, изготовив раствор из естественной (неокрашенной) АБС нити.



Рис.1-97

Одним из неожиданных способов обработки поверхности, которая недавно получила популярность - это использование лака для волос. И, что удивительно, это на самом деле работает очень хорошо!

Как бы странно это ни звучало, лак для волос может быть просто идеально подходит для 3D-печати. Это дешево, его можно найти в любом продуктовом магазине или аптеке, его легко применять, он хорошо работает, и он не повредит или добавит цвет к вашей модели. Чего еще можно хотеть? Из типов лака для волос выбирать лучше те, которые отмечены такими словами, как усиленный или супер, а в идеале суперсильный лак для волос. Все, что вам нужно - брызнуть спрей несколько раз на рабочую платформу, подождать, пока он высохнет, а затем начать печатать! Тем не менее, лучше удалить рабочую платформу из 3D принтера, если это возможно, чтобы избежать попадания лака для волос на любую из движущихся частей или механизмов. Лак для волос является по существу аэрозоль - клеем, так что вы на самом деле просто распыляете слой клея на вашу рабочую поверхность. Это работает очень хорошо, чтобы сохранить модель от деформации. Даже большие модели из АБС могут быть успешно напечатаны, что очень хорошо для красоты продукта.

КОММЕНТАРИИ АВТОРА

Мой опыт показал, что основание рабочей платформы не следует делать из слоистых материалов. Если это гетинакс или текстолит, то они начинают коробиться под действием температуры, а строительная фанера из-за впитывания влаги и нагрева вообще может стать пропеллером! Такие материалы, как оргстекло или ламинированный МДФ гораздо лучше для использования в этих целях.

Покупные нагревательные элементы работают неплохо, но их размер является проблемой, если ваш принтер имеет нестандартные размеры. К тому же, как я убедился, заставить их нагреться до рабочей температуры иногда просто невозможно, или приходится ждать полчаса, а то и больше. Идеальный нагревательный элемент должен быть выполнен из лёгкого металла с отшлифованной плоской поверхностью, на которую наклеен каптоновый скотч. Такой рабочий стол быстро и равномерно прогревается. Но доступ к плоскошлифовальному станку могут получить лишь единицы, а широкий каптон дефицитен и дорог. К тому же, такая рабочая поверхность требует очень аккуратного обращения, её очень просто повредить.

Гибкие плёночные и силиконовые нагревательные элементы можно плотно прижать к стеклу, которое используется в качестве съёмной рабочей поверхности, не прилагая больших усилий, что позволяет прогревать стекло равномерно. А вот нагревательные элементы из стеклотекстолита вызвали у меня серьёзные нарекания.

HEAT BED – ПРОСТОЙ И НАДЕЖНЫЙ

99% 3D-принтеров (а может и больше) имеют бескорпусную конструкцию, и работают с пластиком ABS, как с самым распространенным, недорогим и технологичным материалом. Без хорошей горячей площадки получить изделие приличного качества в этом случае невозможно. По моему мнению, HEAT BED является второй по важности частью принтера после качественного экструдера. Принтеростроители разработали множество вариантов нагревателей платформ, и я тоже придумал свою версию.

Прежде всего, каким требованиям должна отвечать эта деталь принтера?

1. Поверхность площадки должна быть максимально плоской и жесткой.

Для себя я пользуюсь следующим простым правилом; в первом приближении ошибка (допуск, люфт, и т.д.) должны быть 1 к 10 от диаметра сопла. То есть, если я делаю рабочий стол для принтера с соплом 0,5 мм, неплоскостность поверхности по всему рабочему полю не должна быть больше чем 0.05 мм.

2. Нагреватель должен обеспечивать прогрев до рабочей температуры и равномерность нагрева по площади за приемлемое время (желательно, за время, соизмеримое со временем прогрева экструдера).
3. Рабочая поверхность должна обладать хорошими адгезивными свойствами по отношению к рабочему материалу и быть быстросъемной.
4. В случае повреждения или перегорания ремонт должен быть максимально простым.
5. Рабочая площадка должна иметь эстетичный внешний вид.

Самые известные нагревательные элементы для столов сделаны как печатные платы, путем травления дорожек работают они неплохо, но у меня к ним возникли следующие претензии:

1. В случае перегорания ремонту не подлежат, а такое случалось несколько раз. Если происходит подтравливание фольги под цапон-лак или фоторезист, то в этом месте дорожка и прогорит когда-нибудь.
2. Пайка к дорожкам не дает возможности положить стекло (рабочую поверхность) на всю площадь нагревателя.
3. При нагреве он выгибается и может произойти отслоение дорожек.
4. Не слишком эстетично выглядит, даже если это заводское производство.

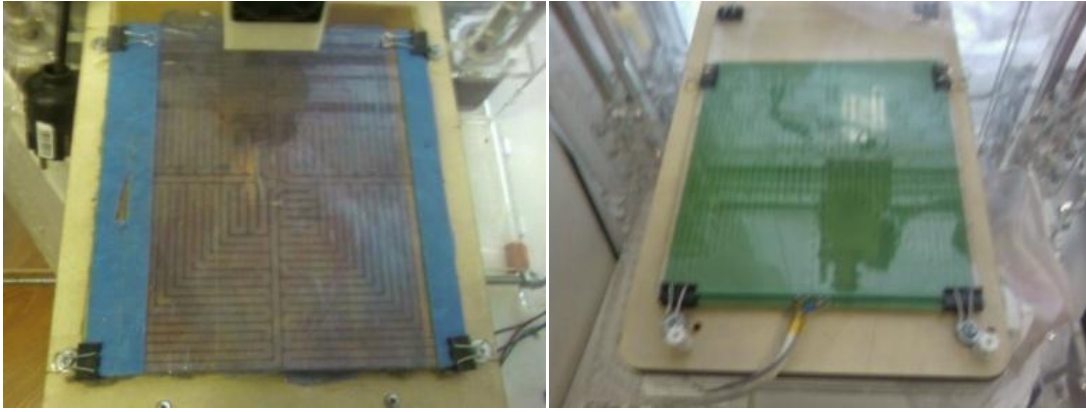


Рис.1-98

Сейчас я делаю HEAT BED так;

Нужен ровный алюминиевый лист толщиной 0,8- 1,0 мм. Продается в «Максидоме». Из него вырезаем заготовку нужных размеров. Резать ножницами нельзя, кромки будут погнуты. Я режу с помощью резака-царапалки (переточенное сменное лезвие для строительного ножа, удобно работать с мягкими металлами и пластиками).



Рис.1-99

Так же нужно: 2 куска картонки, обойные гвоздики, самоклеящаяся алюминиевая лента и провод МГТФ 0,07. Его сопротивление по моим подсчетам равно 0,2564 Ом/метр. (я рассчитываю длину из сопротивления нагревателя 1,1 Ом).

Рассчитываем нужную длину провода и геометрию его укладки на поверхность нагревателя, складываем вместе 2 картонки и протыкаем гвоздиками. Получится кондуктор для укладки спирали нагревателя.

Отрезаем полоски алюминиевой самоклейки длиной больше, чем будущая площадка сантиметров на 6, отгибаем защитную бумагу с краев на 1 см, и клеим на картонку ЛИПКИМ СЛОЕМ ВВЕРХ.



Рис.1-100

Покрываем скотчем таким образом всю поверхность, где будет лежать провод.



Рис.1-101

Укладываем провод зигзагообразно между гвоздиками и приглаживаем с помощью кусочка фторопласта. Хвосты для выводов нагревателя закрепляем кусочком клейкой ленты.



Рис.1-102

Разъединяя две картонки, удаляем гвоздики.

Накладываем сверху алюминиевую пластину по намеченным точкам и плотно прижимаем, но не продавливаем, после чего отклеиваем выводы и обрезаем ножом фольгу от картонки.



Рис.1-103

Отделяем нагреватель от кондуктора и приглаживаем алюминиевую фольгу с помощью кусочка фторопласта.



Рис.1-104

После этого подпаиваем провода питания и защищаем с помощью термоусадки. Этим же алюминиевым скотчем приклеиваем термодатчик на середину нагревателя.

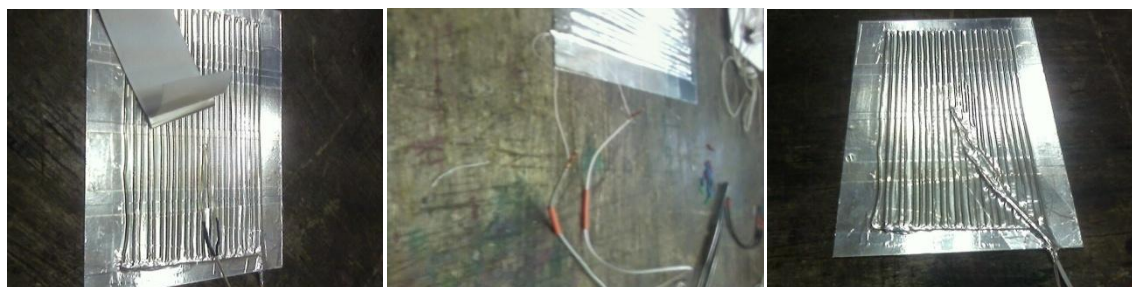


Рис.1-105

Рабочую поверхность я делаю из стекла 2 мм. Такое стекло быстро прогревается и при этом не трескается. Годится для площадок размером до 30х30 см.

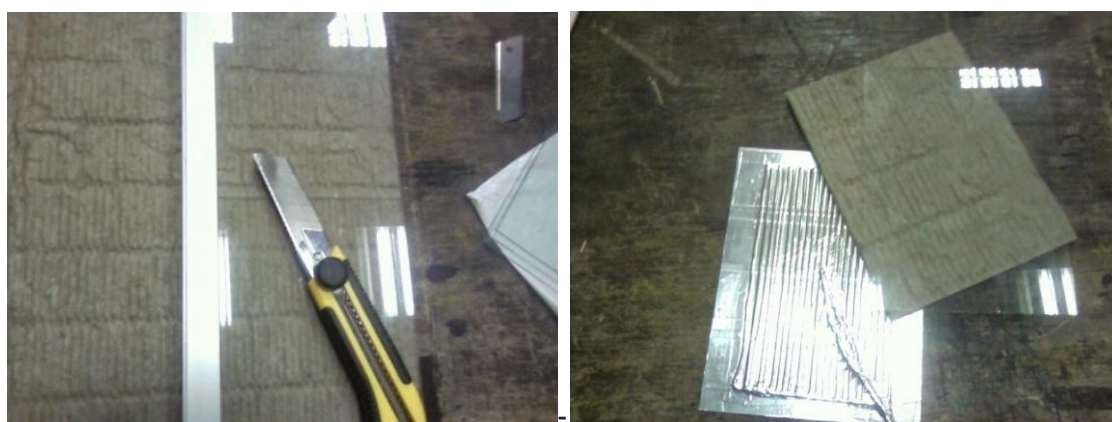


Рис.1-106

9. Под нагреватель следует подложить теплоизоляцию (она же выполняет роль прижима нагревателя к стеклу). Я делаю теплоизоляцию из минерального войлока, продается в магазинах печи – камины. Не следует набивать теплоизолятор под нагреватель плотно, есть все шансы, что он выгнется бугром вместе со стеклом. К тому же, теплоизолятором является не сам минеральный войлок, а воздух между его волокнами.
10. Собираем стекло, нагреватель и теплоизолятор в один пакет с помощью канцелярских прищепок и крепим прищепки с помощью винтов к основанию. Я делаю его из ламинированного МДФ подходящего размера. Влагостойко и аккуратно. Выводы защищаем с помощью автогофры 4 мм, а сам хвост крепим к основанию HEAT BED с помощью кабельной клипсы.



Рис.1-107

Технология позволяет за полдня сделать 9 нагревателей.

Если промахнулся с сопротивлением нагревателя и он долго греется, то ничего не стоит снять пару витков.

За три года ни один нагреватель не сгорел!

По поводу адгезивного покрытия стекла (рабочей поверхности) – я не сторонник дорогих и дефицитных материалов. Для небольших площадок (до 20X20см) неплохое решение использовать отечественный лак для волос «прелесть», стоит около 70 рублей за баллончик, хватает надолго. Недостаток – стекло надо снимать и мыть после каждой печати, на повторно нанесённый слой модель плохо клеится.

Если надо напечатать небольшую модель, то очень удобно использовать сахарную воду, для повторной печати стекло просто протирается чистой влажной губкой, после чего опять покрывается сахарной водой.

Для печати крупных моделей хорошо подходит самоклеящаяся листовая бумага для принтеров, но, чтобы её отмыть со стекла потребуются усилия.

Можно печатать на малярный скотч, тоже неплохо получается.

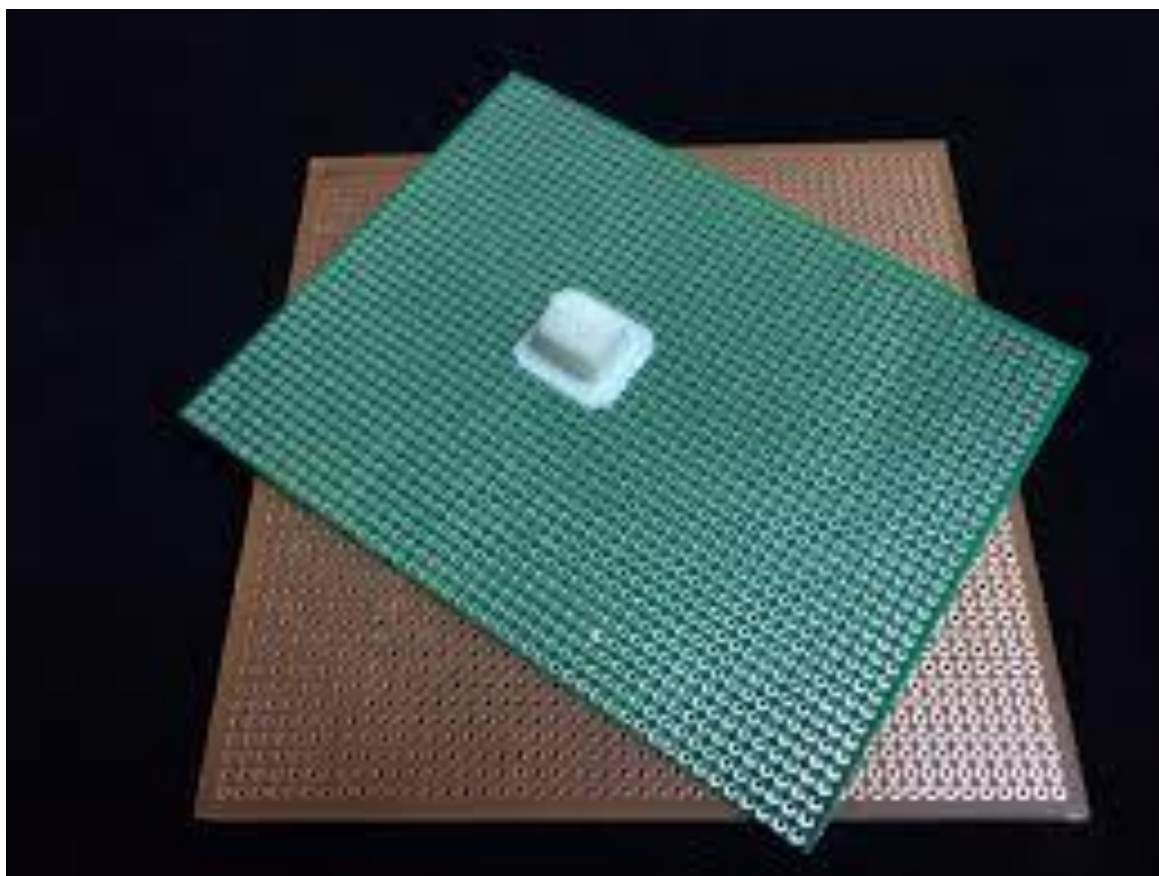


Рис.1-108

Есть примеры использования в качестве рабочей поверхности макетной платы с металлизированными отверстиями.

Вообще-то, надо помнить, что стекло – вещь хрупкая, рабочая поверхность – материал расходный и в запасе следует иметь хотя бы ещё одно стекло, чтобы поздно вечером не сидеть без дела, если стекло случайно лопнуло.

ГЛАВА 6.

ЭЛЕКТРОНИКА

Электроника и прошивки, работающие с 3D-принтером RepRap, потребовали тысяч человеко-часов разработки и уточнения для создания работоспособной машины, и всё это доступно Вам совершенно бесплатно, благодаря открытости проекта RepRap! В этой части мы рассмотрим наиболее известные варианты RepRap - электроники и дополнительные детали, которые вместе с датчиками и моторами, являются крайне важными для правильной работы принтера.

Надежная и стабильно работающая электроника - вот что нужно для 3D-принтера. Она находится в самом сердце комплекса механической обработки и должна быть надежна на протяжении многих часов, в течение которых он должен работать, чтобы допечатать модель до конца.

RepRap- электроника родилась из открытого источника - проект Arduino. Arduino является отраслевым стандартом встроенных пультов управления, который может быть использован для всех видов использования, от промышленных систем управления до робототехники и хобби.

Например, электроника для квадрокоптеров позволяет им самостоятельно летать как беспилотным летательным аппаратам.

Электроника для RepRap обычно имеет вид стандартной платы Arduino и кроссплаты (которая содержит конкретные элементы, необходимые для 3D печати, такие как, например, драйверы шаговых двигателей и датчики), или полностью содержащие « все-в-одном» наборы, по-прежнему основанные на чипе Arduino, но построенные специально для RepRap – принтера и предназначенные только для применения в 3D-печати.

Не стоит слишком перегружаться изучением множества различных вариантов RepRap электроники.

Все они выполняют, по существу одинаковый набор функций и могут, как правило, работать с аналогичными прошивками. Они все Arduino, и поэтому довольно часто совместимы, в основном, в своих возможностях и количестве выходов. Если вы ищете плату за рамками стандартных вариантов электроники, перечисленных здесь, просто убедитесь, что она поддерживает современные прошивки, например Marlin или Sprinter, прежде чем купить её.

ПЛАТФОРМЫ

На сегодняшний день, наиболее распространенным типом электроники, используемым для 3D-принтера, является комбинация Arduino MEGA 1280 или +2560 как стандартная плата управления, и кроссплата с открытым исходным кодом (RepRap, Mera, Arduino, Pololu, RAMPS), первым её предложил Джонни Рассел из Ultimachine.



Рис.1-109

На рисунке 1-109 показана кроссплата RAMPS, которая подключается к Arduino MEGA.

Рэмбо



Рис.1-110

Рэмбо – это вариант электроники «все-в-одном» и имеет много новых возможностей. Рэмбо становится популярным вариантом у принтеростроителей и пользователей, особенно в Соединенных Штатах. Недостаток Рэмбо, то что чип драйвера шагового мотора впаян в плату, а не устанавливается на неё в виде отдельных модулей. Это снижает стоимость, но если драйвер шагового двигателя сгорит, то вся плата может стать бесполезной. С отдельным модулем шагового двигателя, устанавливаемым на разъеме (как показано в следующем разделе), можно заменить поврежденный модуль или обновить модули на те, которые предлагают более высокое дробление шагов двигателя.

Sanguinololu



Рис.1-111

Sanguinololu является одним из оригинальных простым в изготовлении электронным набором для RepRap принтеров. Sanguinololu, как один из самых маленьких и дешёвых электронных наборов для RepRap, идеально подходит для самостоятельной сборки. Она может быть использована с полнографическим ЖК-дисплеем и MemoryCard Слотом, чтобы печать можно было выполнять без подключения к компьютеру. Она по-прежнему очень популярна; Вы можете построить её у себя дома из самостоятельно купленных компонентов. Последняя эволюция этого варианта электроники включают в себя плату Мелзи, которая предназначена для массового производства с использованием поверхностного монтажа компонентов.

Мinitronics



Рис.1-112

Мinitronics является эволюцией Sanguinololu, на этот раз с акцентом на минимальные требования, необходимые для запуска одного экструдера 3D-принтера. Она имеет минимальные возможности расширения, но это самый компактный электронный пакет для RepRap. Мinitronics плата крошечная; все элементы несъёмные. Она может быть запущена в массовое производство и имеет самую низкую стоимость компонентов, так что это идеальный выбор для массового рынка 3D -принтеров потребительского уровня.

Хотя многие платы RepRap электроники становится все более интегрированной конструкции, как правило, для самостоятельной сборки лучше рассмотреть возможность использования модульной электроники. Модули могут быть модернизированы или заменены, если одна из частей выходит из строя или повреждена. Вполне возможно, Вы повредите драйвер двигателя в какой-то момент, так что любые электронные платы, на которых детали припаяны (в место содержащих сменные модули) могут быть малопригодными к ремонту.

РУМБА



Рис.1-113

РУМБА – это плата с большим количеством опций для расширения в будущем и простая в обновлении. Это хороший выбор для разработчиков принтеров RepRap; её модульная конструкция пригодна для изменения и расширения возможностей принтера, и может даже использоваться для трех отдельных экструдеров. Этот контроллер позволяет использовать шаговые мотор-модули таким же образом, как RAMPS. Она также даёт возможность подключить ЖК-дисплей, модуль карты памяти и термодпары, добавить на платах расширения дополнительные опции.

Elefu RA V3

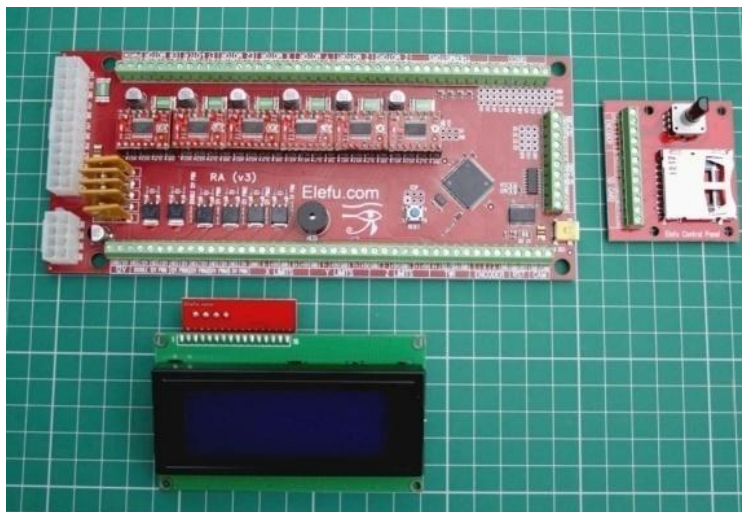


Рис.1-114

Электроника Elefu направлена как на разработчика (потому что она позволяет много вариантов расширения и гибкость в использовании), так и на новичка. Напряжение питания, которое требуется для этой платы, позволяет использовать почти любой стандартный ПК АТХ блок: просто подключите АТХ к плате. Все другие соединения осуществляется с помощью стандартных винтовых клемм, которые четко промаркированы, что позволяет легко подключить проводку без необходимости обжимать разъемы или паять их.

Модули расширения включают в себя ЖК-дисплей с картой памяти и джойстика для навигации настройки программы и файлов на печать без подключения компьютера. Эти платы расширения также просто подключаются проводкой с винтовыми клеммами. Конструкция Elefu ясно и легко подключается к 3D-принтеру и позволяет использовать много вариантов расширения функций, вплоть до использования с тремя отдельными экструдерами. Она также дает возможности для использования модульных драйверов шаговых двигателей таким же образом, как и RUMBA .

Megatronics

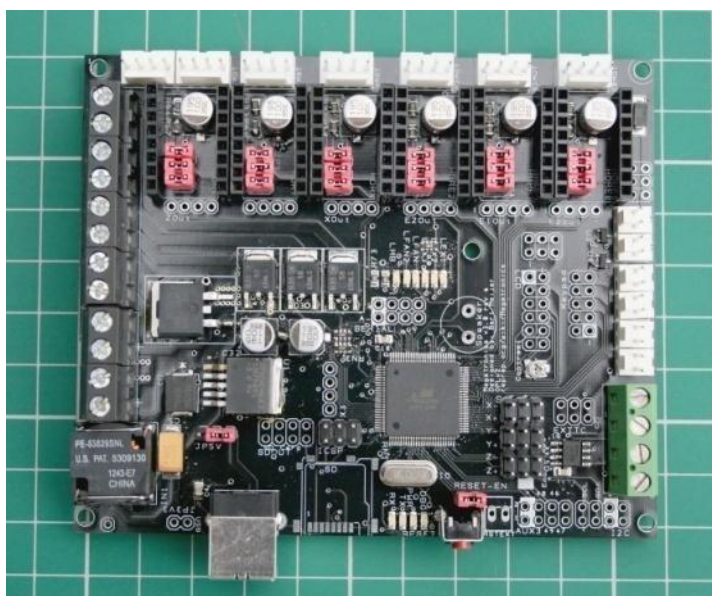


Рис.1-115

Megatronics одна встроенная плата, очень удобная для будущего расширения возможностей принтера. Она имеет три канала для подключения экструдеров и идеально подходит для

разработчиков и для тех, кто хочет машину со всеми возможными вариантами. ЖК-дисплей и клавиатура так же могут быть добавлены, как и слот для карт памяти, карта поставляется в стандартной комплектации.

Megatronics является старшим братом для Minitronics; она имеет возможности, аналогичные для Румбы, в ней используются модульные драйверы шаговых двигателей, и она может работать с двумя датчиками температуры типа термопары. Все другие варианты электроники позволяют использовать только термисторы; хотя этого достаточно для большинства пользователей, термопары могут отслеживать гораздо более высокие температуры печати (более 300 градусов по Цельсию), поэтому более экзотические материалы могут быть опробованы для печати. Термопары могут быть более точными при измерении температуры, и должны быть подключены высокотемпературной проводкой.

К ЭЛЕКТРОНИКЕ ТАК ЖЕ ОТНОСЯТСЯ;

датчики положения (концевики), блок питания, вентиляторы, элементы подсветки рабочего поля, нагреватель рабочей платформы с термодатчиком, нагреватель HotEnd экструдера и его термодатчик, шаговые двигатели и их контроллеры . Так же в более продвинутых исполнениях 3D- принтеров могут присутствовать двигатели постоянного тока, сервомоторы и соленоиды.

ДАТЧИКИ ПОЛОЖЕНИЯ (КОНЦЕВИКИ)

В каждом 3D-принтере электроника должна знать, где находится «домашняя» позиция. Это достигается путем медленного движения каждой оси в известном направлении до выключателя или датчика, пока он не срабатывает. Это говорит электронике – у вас «0»положение для каждой оси. Когда каретка экструдера находится в положении «0» (дом), вы можете начать работу по печати, поскольку принтер знает, с чего начать множество других 3D шагов, которые выполняются последовательно до завершения печати.

3D принтеры используют начальную исходную позицию как универсальную точку отсчета. Из исходного положения рассчитывается, какое количество шагов должно быть выполнено по каждой оси, чтобы позиционировать печатающую головку в 3D-пространстве.

Если каретка оси движется с застреваниями, косо или неровно, двигатель пропускает шаги, а электроника думает, что ничего не произошло, 3D принтер продолжает печатать, но модель будет неровная и, как правило, испорчена, так как расплавленный пластик наносится в неположенных местах. Так же, как 2D- матричных принтерах прошлого печать продолжалась, даже если лист бумаги был подан криво, так же и с 3D принтером. Даже многие профессиональные производители 3D- принтеров еще не достаточно умны, чтобы понимать, когда они собираются неправильно или не выровнены.

Чтобы сохранить задание печати на трассе (так сказать), мы используем три основных типа позиционных датчиков:

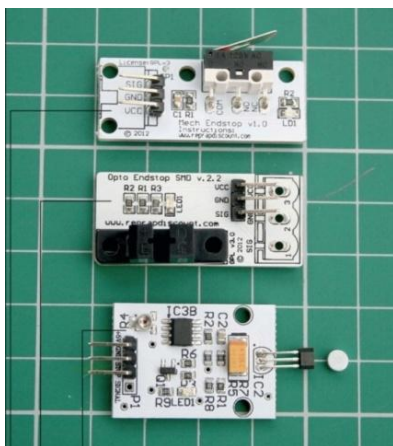


Рис.1-116

Наиболее распространенным типом датчика является простой микровыключатель (показано в верхней части рисунка). Каретка механически нажимает на переключатель, который посылает сигнал, чтобы сказать электронике, что каретка встала "домой".

Оптический датчик (как, например, показано в центре рисунка) прерывает луч инфракрасного света, и триггер сообщает электронике что каретка находится в положении "домашней". Так как это бесконтактный переключатель, он считается более надежным, чем механические микровыключатели.

Самый сложный вид позиционного зондирования (показано в нижней части на рисунке) представляет собой датчик Холла, который обнаруживает магнитное поле.

Его функционирование является очень точным и отличается высокой повторяемостью, и он бесконтактный.

Все, что вам нужно сделать, это поместить крошечный магнит на каретку или приклеить к движущейся оси и разместить датчик в положении "дом". Когда магнит приходит на заданное расстояние от этой позиции, он формирует "домашний" сигнал для электроники. Датчики Холла имеют небольшой регулировочный резистор, которым можно настроить точное расстояние триггера магнита от датчика. Этот тип датчика наиболее часто используется на вертикальной оси Z, чтобы установить положение сопла экструдера на точное расстояние от рабочей платформы печати, как правило, с зазором не больше, чем один лист бумаги.

Вы можете использовать любой тип датчика положения, или их сочетание. Очень рекомендуется использовать настраиваемый магнитный тип датчика для выравнивания Z-каретки.



Рис.1-117

Популярные дополнения для 3D-принтеров – это ЖК-экран, карты памяти, и поворотный регулятор. Они, как правило, все находятся на отдельном пульте управления "DISPLAY", который может подключаться к различным видам электроники, подробно рассмотренным ранее. Эти опции позволяют выполнять автономную печать без необходимости подключения к компьютеру. Использование ЖК-экрана позволяет задать подогрев и печать из файла, сохраненного на карте памяти - все без компьютера, подключенного к принтеру. Такая возможность делает разумным подобное обновление на 3D принтерах, которые будут печатать в течение многих часов (даже весь день), или в других ситуациях, в которых вы не можете использовать компьютер для работы все время печати. Обратите внимание, что карта памяти будет хранить несколько файлов для печати в будущем. Эти файлы могут быть удалены, а также файлы G-кода могут храниться на вашем компьютере и извлекаться для 3D-печати в любое время.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДУЛЬНЫХ ДРАЙВЕРОВ ШАГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Каждый RepRap 3D-принтер осуществляет движения с помощью шаговых двигателей. Этот тип электродвигателя требует специального драйвера - устройства, создающего импульс тока питания двигателя для перемещения вперед или назад; каждый шаг вращает двигатель на небольшое расстояние. Наша электроника и прошивки создают многие тысячи импульсов, чтобы заставить стейпер- драйверы вращать двигатель на точное расстояние, в зависимости от передаточного отношения трансмиссии и дробления шага.

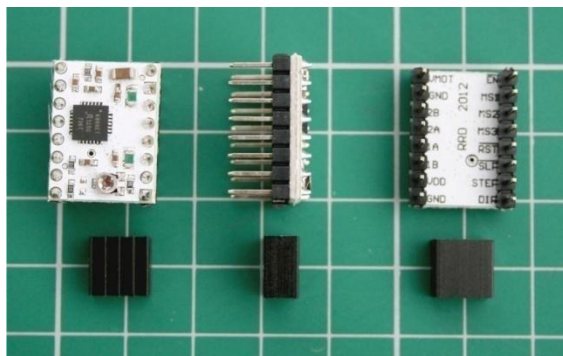


Рис.1-118

Модули драйвера шагового двигателя могут быть полностью интегрированы в плату или (чаще), подключенными к контрольной плате электроники через разъемы. Каждый модуль вращает один шаговый двигатель, так как минимум четыре мотора требуются для работы 3D принтера.

Стандартный NEMA 17 шаговый двигатель, который используется в принтерах RepRap, требует 200 импульсов на полный оборот (360 градусов). Но наши драйверы шаговых двигателей могут использовать режим работы, называемый микрошаговым. Этот режим делит основной шаг двигателя на части.

Микрошаговый режим уменьшает шум двигателя и обеспечивает более точное позиционирование экструдера. Очень распространено использование драйвера шагового двигателя в 8 или 16-Microstep-Режиме. Микрошаговый режим шагового двигателя, как правило, устанавливается небольшими переключателями переключателей, которые либо установлены или удалены, чтобы включить их или выключить соответствующее дробление шагов. Обратитесь к инструкции для набора электроники для установки этих переключателей; запомните, что за установку вы использовали (это пригодится при настройке встроенного программного обеспечения позже). Большинство RepRap машин работают с режимом 16 микрошагов (16x): электронике и прошивке требуется создать импульсный сигнал 3200 раз, чтобы заставить двигатель вращаться на 360 градусов.

Вы сразу можете видеть, что это даст 3D-принтеру большее разрешение позиционирования экструдера. Все чаще, электроника и драйвера шагового двигателя предлагают возможность 32x, делая двигатели еще тише и обеспечивают ультра- высокое разрешение.

Есть ограничения на максимальную скорость генерации шага. Ваша электроника не может работать бесконечно быстро.

Необходимость рассчитывать так много последовательностей шагов может составить дополнительную нагрузку на микропроцессоре принтера, чтобы сделать позиционные расчеты. Дополнительная нагрузка может замедлять некоторые механические процессы – например, быстрое ускорение экструдера - пользователи 3D- принтеров предпочитают использовать различные двигатели для различных задач:

16x - для X, Y, Z двигателей, для обеспечения высочайшего разрешения печати и бесшумной работы принтера.

8x – для двигателя экструдера, чтобы быстрее осуществлять реверс и ускорение движения двигателя. В результате повышение скорости реакции может повысить качество печати.

Небольшой алюминиевый радиатор часто приклеивается к контроллеру устройства, чтобы помочь уменьшить его рабочую температуру. Без радиатора, контроллер может стать достаточно горячим, чтобы обжечь оператора или уничтожить себя. Вы можете установить уровень мощности, подаваемой на двигатель (известный как ограничение тока), повернув крошечный резистор (показано на нижнем левом рисунке) с помощью отвертки. Все шаговые двигатели должны быть отрегулированы на ограничение по току для работы в пределах режимов, для них предназначенных, чтобы они не перегревались или выгорали. Никогда не вынимайте контроллер шагового двигателя из платы электроники, пока они имеют питание. Это может быстро разрушить драйвер шагового двигателя.

БЛОК ПИТАНИЯ

Выбор подходящего источника питания является ключевым требованием для любого 3D-принтера.

Большинство вариантов RepRap электроники работает от источника напряжения одной величины, как правило, 12V DC, и генерируют другие напряжения по мере необходимости. Поскольку 3D-печать означает плавление пластика, 3D принтеры могут потреблять значительное количество энергии, как для работы двигателей, так и (наиболее значительное потребление энергии) для нагрева рабочей площадки. Это создает некоторые проблемы – особенно при поиске источника питания с достаточной мощностью.

К любому устройству, которое подключается к розетке, следует относиться с крайней осторожностью; 3D принтеры используют более низкие напряжения для запуска различных частей машины, но все же они подключены к бытовой сети переменного тока с помощью блока питания. Если вы решили запустить принтер размером 200мм x 200мм с подогревом рабочей платформы (для примера), она будет иметь сопротивление около 1,0 Ом; если принтер работает с 12-вольтовой (V) схемой питания, то устройство будет использовать 12 ампер (A) и около 150 Вт (W) мощности на её нагрев.

Когда рабочая платформа при первом включении холодная, этот ток может превышать 20А. Это существенная нагрузка, даже для источников питания промышленного класса.

Экструдер может потребовать ещё 20W для запуска – и четыре или пять двигателей нужно еще 20W каждому – легко увидеть, что минимальная мощность источника питания, которая вам потребуется – 200W на 12V, чтобы запускать большинство 3D принтеров.

Недорогой (и легко доступный) блок питания ATX ПК, часто бывший в употреблении, как правило, рассчитан на высокий токовый выход по цепи +12 V.

Убедитесь, что вы посчитали правильно, сколько энергии может вам потребоваться.

Вам, возможно, потребуется использовать 400W (или более высокой мощности) блок питания для того, чтобы иметь достаточно мощности по цепи +12 V. Это потому, что ATX блок питания создает много различных напряжений сразу.

В Elefu электронике обсуждалась возможность использования ATX блока питания, подключаемого на прямую. Большинство других вариантов RepRap электроники требуют, чтобы все + 12V (желтые) провода были соединены вместе, чтобы обеспечить достаточно большой ток, чтобы запустить принтер.

Платы электроники довольно часто имеют более одного входа питания, как правило, имеется отдельный разъём для подключения рабочей платформы. Такой вариант подключения сложнее получить от ATX блока питания, который работает на других вариантах RepRap электроники, но ATX-блоки по-прежнему широко используются для питания домашних 3D-принтеров.

Другим вариантом является промышленный источник питания. Это может быть немного дороже, чем применение ATX- блока, но он предназначен для этой цели.

Источники питания ATX предназначены для питания платы компьютера различными напряжениями. Запуск происходит при более высоком напряжении, и, возможно, это может иметь некоторые преимущества для уменьшения времени прогрева рабочей платформы. Он также может помочь уменьшить толщину проводки от источника питания, но следует тщательно

проверить, есть ли возможность для вашей электроники использовать большее количество вариантов источников питания + 12В.

Максимально возможные токи будут помечены на блоке питания. Например, для 240W промышленного блока питания указано максимальное значение 12V 20A. В отличие от него, ATX – блок, рассчитанный на 550W, имеет много выходов, (в большинстве из которых мы не заинтересованы), наряду с двумя независимыми выходами 12V по 14A каждый. Таким образом, чтобы оставаться в пределах, указанных для нужной мощности, подаваемой на наш 3D-принтер, мы должны подключить один из каналов 12V для питания рабочей платформы, а другой канал 12V – для управляющей электроники.

Без требований к наличию нагреваемой рабочей платформы для 3D-принтера, требования к источнику питания может упасть до простого «кирпича» – 60W блока питания, аналогичного используемому для многих ноутбуков.

ЭКСТРУДЕР

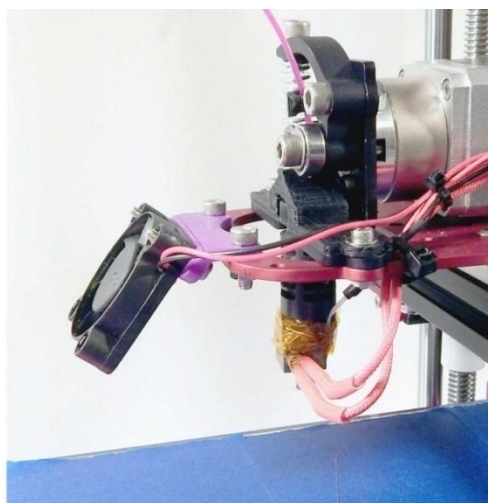


Рис.1-119

Конструкцию этого важнейшего узла 3D-принтера мы рассмотрели ранее, но, как правило, этот узел имеет ещё один (или два) вентилятора. Первый обычно обеспечивает принудительное охлаждение теплоизолятора HotEnd, и подключен непосредственно к 12В, а второй – создает обдув формируемой модели и подключается к отдельному разъему управляющей платы.

Надо особо отметить, что электродвигатель этого вентилятора должен менять свою скорость в зависимости от приложенного напряжения, чтобы обеспечить управляемый обдув формируемой модели, то есть, должен быть как минимум, коллекторного типа.

Так же, часто на каретку экструдера устанавливается узел светодиодной подсветки, который облегчает работу в темном помещении (вечером или ночью).

НАГРЕВАТЕЛЬ РАБОЧЕЙ ПЛАТФОРМЫ



Рис.1-120

Конструкцию рабочей платформы мы рассмотрели ранее, в её состав также входит термистор, контролирующий температуру рабочей платформы. Как правило, термистор устанавливается в середину нагревательного элемента, такое положение измерительного элемента обеспечивает наиболее равномерное распределение тепла по площади рабочей платформы. Мощность нагрева ограничивается не только выходным током блока питания и сопротивлением нагревательного элемента, но и максимально допустимым током ключевого транзистора электроники. В большинстве случаев этот ток не превышает 15А. и обеспечивает работу нагревателя с рабочим размером 200X200мм и сопротивлением 1,0 Ом.

КОММЕНТАРИИ АВТОРА

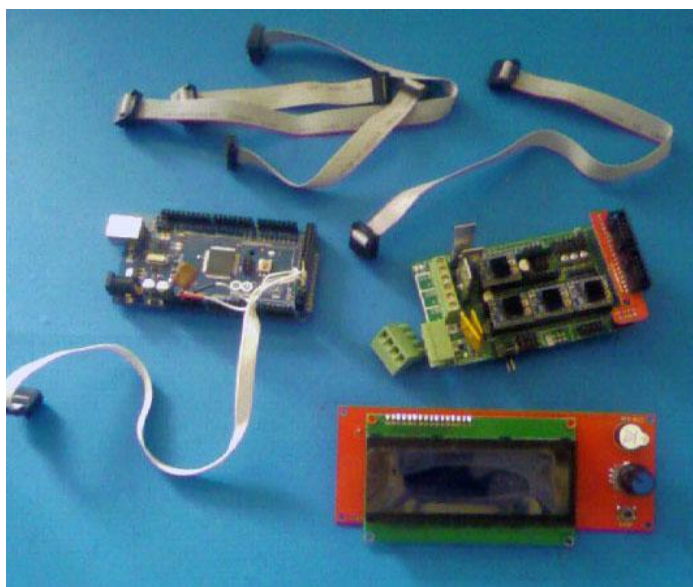


Рис.1-121

Моим любимым комплектом электроники является RAMPS 1.4 FULL KIT. Он, по моему мнению, он наиболее универсален, компактен, и лучше других проработан в смысле адекватности предлагаемых прошивок, используемых в 3D- принтерах. К тому же, это наиболее часто предлагаемая у нас в стране к продаже версия электроники.

Вообще- то электроника может быть собрана самостоятельно, с использованием того, что есть под рукой, например, драйверов шаговых двигателей (и самих двигателей), изъятых из офисных принтеров.



Рис.1-122

Контроллеры для управления шаговыми двигателями так же могут быть собраны самостоятельно, даже на отечественных микросхемах и транзисторах, которые валяются у многих радиолюбителей в дальнем углу за ненадобностью.

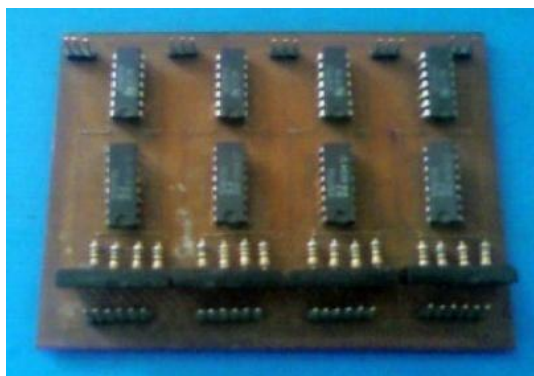


Рис.1-123

Можно собрать всю электронику принтера на макетной плате, используя широко распространенные микросхемы L297-L298, L293D или иные, вариантов много!



Рис.1-124

Конечно, лучше собрать специально разработанную для такого повторения в домашних условиях версию электроники, например GEN7.

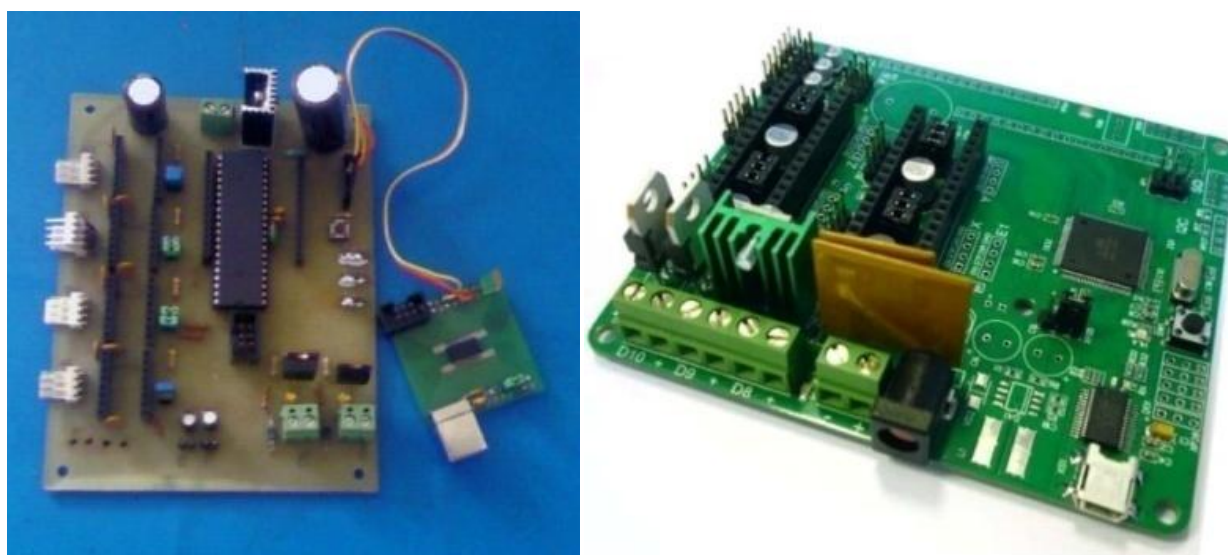


Рис.1-125

В опытном варианте электронику можно собрать вообще не используя паяльник – просто натывкав микросхемы, транзисторы и модульные элементы в макетницу типа Breadbord.

Я знаю как минимум один вариант платы для 3D- принтеров, которая выпускается у нас в стране, это Mastertronics. Производитель утверждает, что она полностью соответствует RAMPS 1.4.

Блоки питания от компьютеров типа АТХ вполне работоспособны в принтерах с небольшими по размеру нагреваемыми рабочими площадками (сопротивление не ниже 1.0 Ома, у меня они работают на площадках максимум 160X180мм.), заявленная мощность блока не должна быть меньше, чем 350W. Те, кто разбирал китайские блоки питания (а других я не видел!), знают, что в них НЕТ двух отдельных каналов питания 12 вольт, все жёлтые провода идут из одной точки. Если хотите «сделать себе красиво», то выпаяйте весь пучок жёлтых и чёрных проводов и замените их двумя парами выводов с сечением, соответствующим 6А/мм² или большим. Б/Ушный рабочий блок питания можно купить на барахолке по цене 100 рублей за 100 ватт. Полезно его разобрать, пропылесосить и переставить вентилятор охлаждения так, чтобы он ВДУВАЛ воздух внутрь блока, а не высасывал (некоторые блоки питания после 1-2х часов работы выключаются по перегреву, срабатывает защита). Единственный недостаток такого источника питания – большие размеры при относительно небольших габаритах принтера.



Рис.1-126

В качестве промышленного блока питания отлично подходят источники для светодиодных светильников и линеек. Они доступны, относительно недороги, имеют функцию плавного запуска и их пиковый (стартовый) ток нагрузки, как правило, в 1,2-1,5 раза больше рабочего. По поводу использования в качестве концевиков датчиков Холла ничего сказать не могу – не пробовал. В большинстве случаев мне хватает точности срабатывания обычных микроки, а в особо ответственных – используются микроки отечественного производства типа МП-9 или МП-12.



Рис.1-127

В случае необходимости получения максимально высокой точности позиционирования по оси Z, лучшим для меня решением является использование флажковой оптопары, как покупной, так и «спасённой от уничтожения» при разборке старой оргтехники. Такой датчик не оказывает механического воздействия на систему позиционирования и не имеет петли гистерезиса при срабатывании, при условии, что это пара светодиод - фототранзистор (а не фотодиод).

ГЛАВА 7.

ПРОВОДКА REPRAP; ПОДКЛЮЧЕНИЯ И СОЕДИНЕНИЯ

Даже имея полный комплект деталей для сборки 3D- принтера RepRap, вам потребуется выполнить подключение различных компонентов и устройств к электронике - а это означает, что потребуется выполнить опрессовку разъемов или сделать немного пайки.

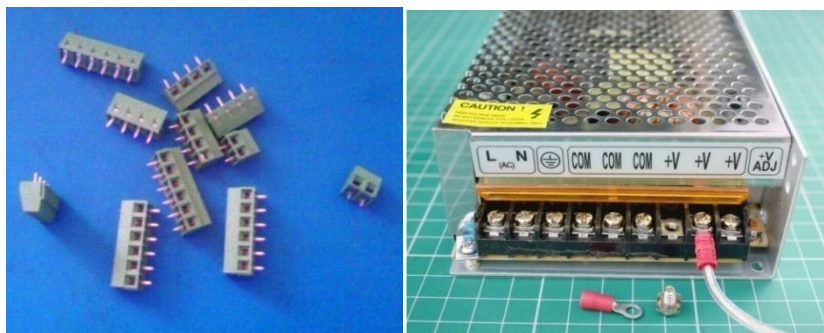


Рис.1-128

Один из самых простых типов подключения является винтовой терминал. Он часто используется для сильноточных соединений, таких как вход питания, нагревателя экструдера, и нагревателя рабочей платформы, винтовой терминал также может быть использован для подключения двигателей, вентиляторов и освещения.

Это очень удобное соединение, вместо того, чтобы использовать обжимные втулки при соединении проводов.

Наконечник на конце провода помогает удерживать отдельные волокна проводки от «разломачивания», когда винт терминала затягивается. Наконечники делают более безопасным подключение и снижают шансы на повреждение кабельных цепей, коротких замыканий, и прогорания соединений.

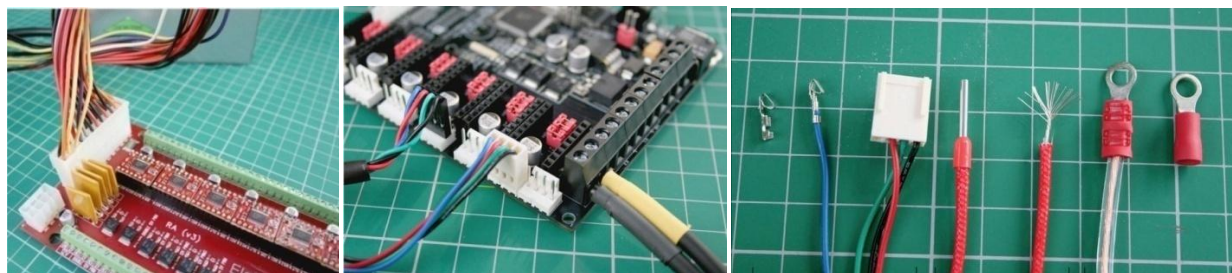


Рис.1-129

Еще один распространенный вариант подключения проводки – это разъёмы; зачищенные концы проводов вставляются в пластиковый корпус и образуют соединитель, который может быть подключен к контактам на плате электроники.

Многоконтактные разъёмы часто снабжены ключом, таким образом, они могут быть вставлены только одним способом; другие используют пластиковые корпуса, которые могут быть повернуты или случайно смещены при их установке. Надо быть внимательным при установке каких-либо разъёмов - убедитесь, что они правильно ориентированы.

Многие другие виды разъемов так же можно использовать для подключения RepRap электроники, блока питания, дополнительных узлов, и других модулей. Когда вы покупаете полный комплект электроники RepRap, разъемы и проводка часто приходят готовые; необходимо проверить её качество с поставщиком, если у вас есть любые опасения по поводу проводки. Небольшие ошибки могут быстро уничтожить одну из самых дорогих частей вашего нового 3D-принтера. Выбор правильного сечения проводов также важен для безопасной и надежной работы устройства.

Шаговый двигатель NEMA17, например, будет иметь выводы из проводов 7/02. Это значит, что 7 прядей проволоки 0,2 мм скручены вместе, чтобы сформировать каждый кабель. Такой провод обычно подходит для подключения датчиков, вентиляторов и светодиодной подсветки. Подключение к нагревателю HotEnd, нагревателю рабочей платформы, и блоку питания требуют использования значительно более толстого провода.

КОММЕНТАРИИ АВТОРА (дьявол кроется в мелочах)

Проводке и шлейфам, используемым в конструкции 3D-принтера, во всех известных мне публикациях уделяется очень мало внимания. Между тем, это очень важная часть конструкции устройства, от которой во многом зависят стабильность и качество работы 3D-принтера. Как известно, в электронике (и электротехнике) есть только ДВА типа дефектов – отсутствие контакта там, где он необходим, и его наличие там, где он не требуется. Самый противный из дефектов – это пропадающий дефект, его труднее всего обнаружить и устранить. Любой владелец автомобиля скажет вам, какие дефекты возникают чаще – электрические или механические, и какие из них легче устраняются. Стоимость косы (жгута) и её замена соизмерима с серьёзным ремонтом двигателя, а времени на такие работы требуется даже больше. Если брать в пример ещё более серьёзную технику, такую как авиационная, то там работы с жгутами занимают ещё более важное место. Надо заметить, что в автомобиле или самолёте жгуты неподвижны, а в 3D-принтере как минимум один жгут является подвижным (подключение к экструдеру и вентиляторам). В случае неправильно или небрежно выполненной конструкции этот жгут будет причиной плохой работы 3D-принтера или его аварийной остановки во время печати.



Рис.1-130

За 7 лет я видел самые разные варианты рам 3D-принтеров, в том числе очень аккуратных и профессионально выполненных, но вот проводка на них была выполнена, как бы сказать это помягче... Когда вокруг подвижных частей оборудования висят колтуны из проводов и хозяин этого чуда техники путается в них как в паутине, ожидать надёжности и качества в работе не приходится. На картинке представлен далеко не худший вариант исполнения, я видел куда страшнее. По этому, первая рекомендация – если вы никогда не держали в руках паяльник, купите уже собранный принтер, дешевле будет. Если, всё-таки, вы решили сэкономить и купить комплект для сборки, оглянитесь вокруг, и выясните, кто из ваших знакомых может вам помочь сделать это правильно.

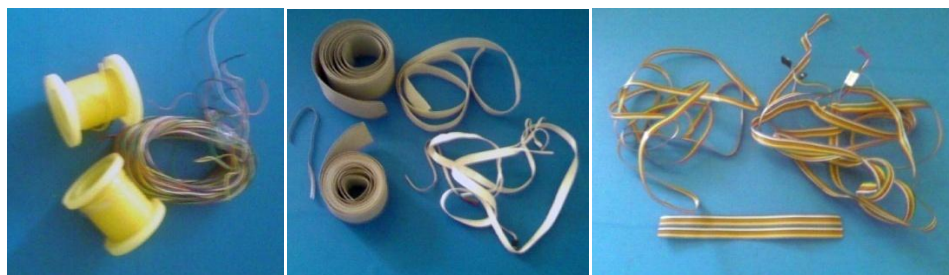


Рис.1-131

НИКОГДА НЕ ИСПОЛЬЗУЙТЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШЛЕЙФА ОДНОЖИЛЬНЫЕ ПРОВОДА!

Для выполнения проводки не следует использовать сращенные провода, а если уж пришлось их применить, то место их соединения следует обязательно пропаять и защитить с помощью термоусадочной трубки. Сечение проводов должно соответствовать току, который будет проходить по ним к потребителям энергии, и их длина должна быть оптимальной. Слишком короткий провод может лечь в натяг, а если не хватит 1-2 сантиметров длины, то будет совсем обидно... Длинный хвост потребует, чтобы его смотали в бухточку, выделили для неё место, он будет создавать дополнительное сопротивление (потреблять энергию, если это двигатель), или хватать шумы и помехи (если это датчик).

По сравнению с проводкой из отдельных проводников, гораздо более удобным вариантом для изготовления шлейфа является применение плоского кабеля, используемого в компьютерах. Жилы такого кабеля гибкие, имеют сечение 0,35 мм², и рассчитаны на работу с током 2А, что позволяет подключать все электродвигатели, вентиляторы, датчики и иные элементы. Если выполнить линию подключения из двух параллельных проводников, то нагреватель экструдера сопротивлением 5,6-6,1 Ом так же не перегрузит такое соединение.

Ещё лучше для изготовления проводки использовать радужный шлейф, тогда проследить, какая линия подключена к какому элементу схемы будет намного проще.

В различных версиях управляющей электроники используются различные типы разъёмов, в подавляющем большинстве случаев, это разъёмы типа «MOLEX».



Рис.1-132

Монтаж контактов таких разъёмов осуществляется с помощью специальных клещей - обжимок. Если такие клещи перед применением были неправильно отрегулированы, то кончик провода будет передавлен и может обломиться, или плохо обжат и может выскочить из клеммы разъёма. Такой производственный дефект отмечен, например, у шаговых двигателей типа SM-200. Поэтому, если вы не делали монтаж разъёмов лично, то извлеките клеммы из корпуса разъёма и пропаяйте их, это избавит от проблем, могущих появиться через некоторое время, когда соединения начнут окисляться. Для подключения блока питания к схеме следует использовать клеммы такого типа, они обеспечат надёжный контакт. Ножевые клеммы следует использовать для подключения нагревательных элементов экструдера и рабочей платформы. Часто пользователи отмечают, что на дисплее принтера вдруг появляются родные для него подобию китайских иероглифов. Конечно, на работоспособность это не влияет, но страшно неприятно. Причина в том, что случайная импульсная помеха (кто-то щёлкнул выключателем) попала в микросхему дисплея и сбила последовательность работы. Чтобы свести к минимуму такие фокусы, кабели подключения дисплея надо заэкранировать с помощью заземлённого экрана.



Рис.1-133

Экранирование выполняется с помощью самоклеящегося алюминиевого скотча, под который подложен распушённый хвостик провода заземления. Надо использовать неармированный алюминиевый скотч (армированный имеет тонкое покрытие из лавсана, которое не дает возможность выполнить заземление), и подложить со стороны платы электроники кусочек проводника с контактом для подключения на землю. Заэкранированный шлейф будет выглядеть примерно так (Рис.1-133), и количество сбоев существенно уменьшится.

Готовые жгуты проводников надо защитить от перетирания и разлохмачивания. Конечно, можно просто обмотать готовую косу изолентой, это вариант допустимый, но не лучший.

Такой шлейф в случае ошибки или повреждения трудно ремонтировать, на изгиб он получается достаточно жестким, да и выглядит не очень аккуратно.

Гораздо лучше защитить готовую косу с помощью гофрированной трубки (автогофра).



Рис.1-134

Наилучшим вариантом будет проектирование принтера с учетом свойств и характера движения подвижных частей шлейфа. Посмотрите, например, как выполнено подключение печатной головки в струйном принтере. Такой вариант прокладки подвижного шлейфа работает годами без повреждений от перетирания.

Отличный пример грамотного проектирования устройства с учетом свойств подвижных частей плоского шлейфа – это принтер MENDEL 90.

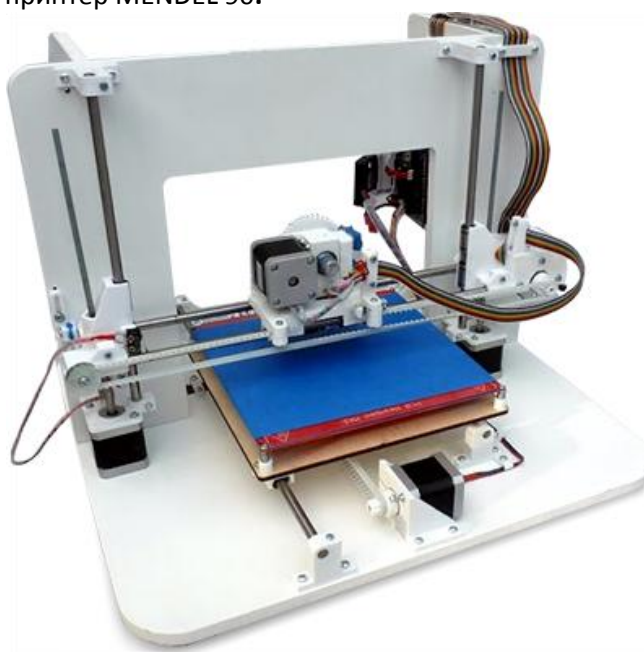


Рис.1-135

В то же время, подключение концевого датчика оси X выполнено неудачно, проводка образует свободно висющую петлю, за которую легко зацепиться и сбросить принтер со стола.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ К ПЕРВОЙ ЧАСТИ

И так, мы рассмотрели наиболее распространенные решения для основных цепей 3D- принтеров, построенных на основе решений открытого проекта REPRAP.

Возможны ли иные варианты конструкций и технические решения?

КОНЕЧНО!

Например, использование в качестве 3-х координатного устройства позиционирования манипулятора типа «рука», в интернете такое устройство проходит по проекту (KATIA). Такое исполнение системы позиционирования позволяет существенно приблизиться к основной цели проекта REPRAP – самовоспроизведению средства производства, ведь рука человека является непревзойдённым по универсальности устройством для работы с различными инструментами, сборки изделий и управлению ими.

Подобное устройство уже нельзя назвать 3D- принтером, 3D- печать становится одной из его возможностей, хотя и очень важной.

Одним из первых примеров реализации этой идеи может служить разработка китайской группы «DOBOT», тоже являющейся открытым проектом.

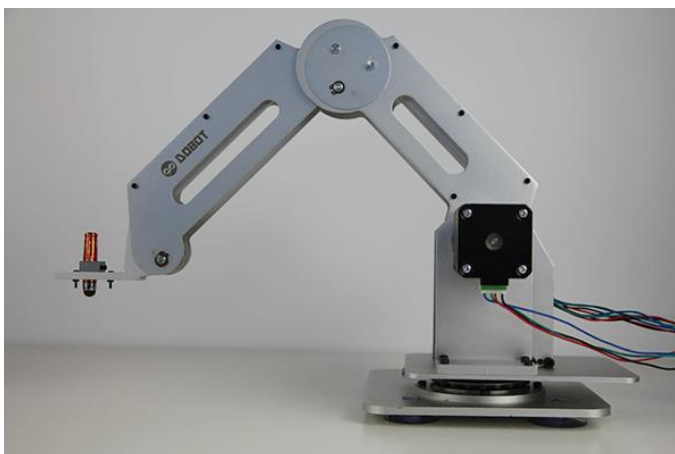
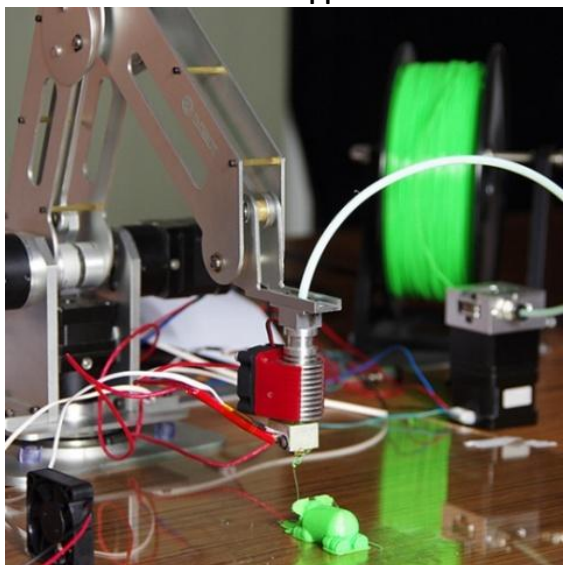


Рис.1-136

Устанавливая на манипулятор различные рабочие инструменты, мы можем:

ПЕЧАТАТЬ ДЕТАЛИ



НАНОСИТЬ НАДПИСИ

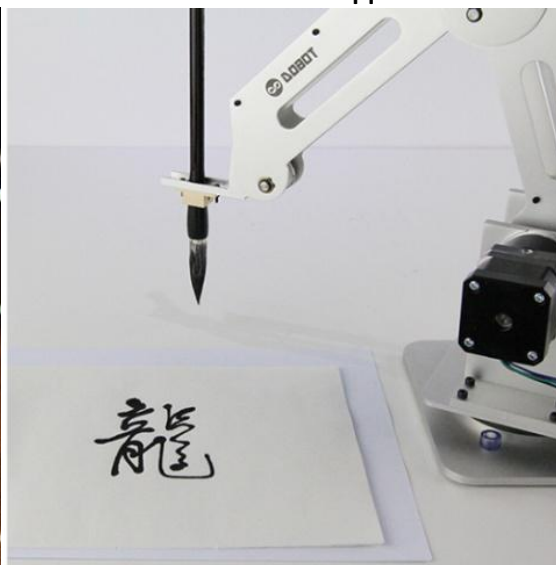


Рис.1-137

Выжигать и резать материал с помощью лазера, выполнять сканирование и фотографирование предметов.

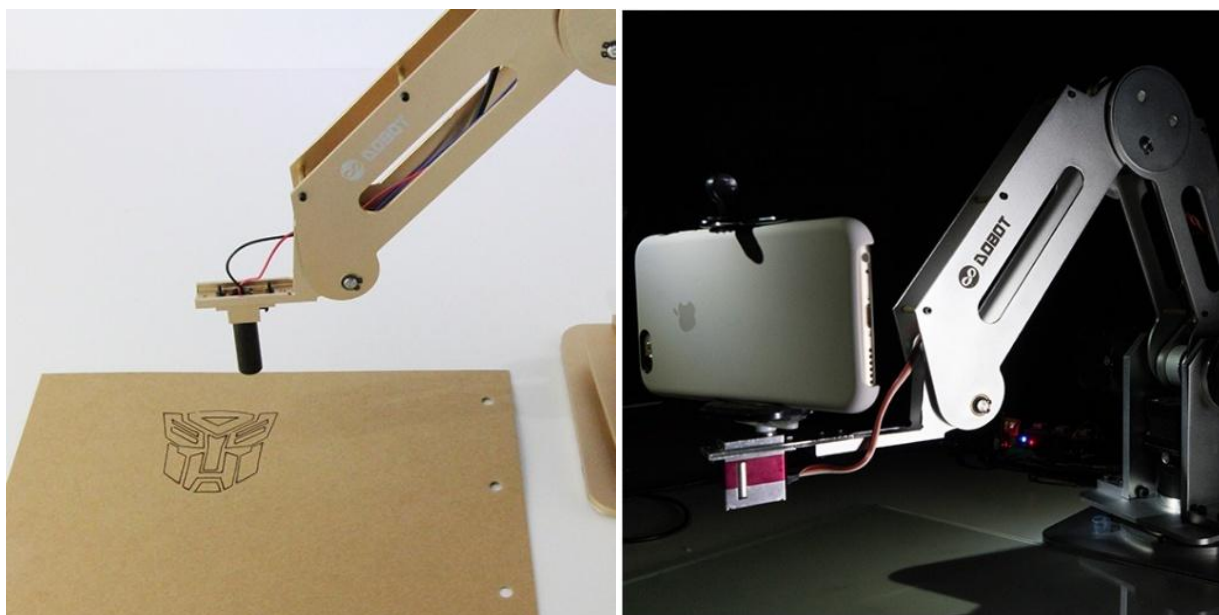


Рис.1-138

Устанавливать на место механические детали и даже выполнять монтаж печатных плат!

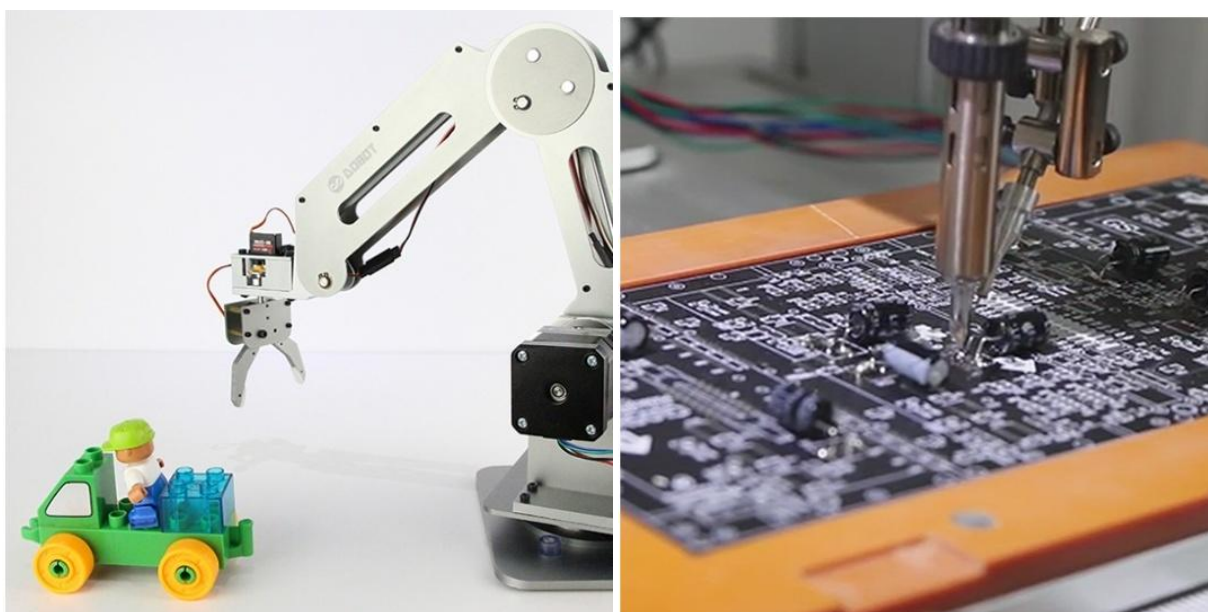


Рис.1-139

Расширяя набор инструментов, которыми может пользоваться такой робот, а самое главное – дав ему возможность создавать эти инструменты по мере возникновения потребностей в них, мы тем самым приблизимся к осуществлению идеи фон Неймана о воплощении «Универсального Конструктора» и реализации целей проекта REPRAP Адриана Боуера.

Но это планы на будущее, а во второй части мы вернёмся к 3D- принтерам и рассмотрим принципы их работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Манифест GNU

Манифест GNU (который следует ниже) был написан Ричардом Столменом в 1985 году, чтобы просить о поддержке в разработке операционной системы GNU.

Часть текста была взята из первоначального объявления 1983 года.

До 1987 года манифест незначительно обновлялся, чтобы отметить развитие; с тех пор представляется наилучшим оставить его неизменным. С тех пор мы узнали о распространенных неверных толкованиях определенных понятий. Изменение формулировок могло бы помочь избежать их.

Сноски, добавленные начиная с 1993 года, помогают прояснить эти аспекты.

Если вы желаете установить систему GNU/Linux, мы рекомендуем воспользоваться одним из стопроцентно свободных дистрибутивов GNU/Linux.

О том, как помочь, см. на <http://www.gnu.org/help>.

Проект GNU — часть движения за свободные программы, выступающего за свободу пользователей программ.

Ассоциировать GNU с выражением “открытый исходный текст” — ошибка: это выражение введено в обращение в 1998 году людьми, несогласными с этическими ценностями движения за свободные программы. Они пользуются этим выражением, чтобы пропагандировать аморальный подход к той же сфере.

Что такое GNU? GNU — не Unix!

GNU, что означает “Gnu's Not Unix” (GNU — это не Unix), — название полной программной системы, совместимой с Unix, которую я пишу так, что я могу раздавать её свободной всем, кто может её использовать.

Мне помогает несколько других добровольцев. Мы очень нуждаемся в рабочих руках, деньгах, программах и оборудовании.

На настоящий момент у нас есть Emacs — текстовый редактор с языком Лисп для записи команд редактора, отладчик уровня исходных текстов, совместимый с Yacc генератор синтаксических анализаторов, редактор связей и около 35 утилит.

Оболочка (командный интерпретатор) почти завершена. Новый переносимый оптимизирующий компилятор Си скомпилировал самого себя и может быть выпущен в этом году. Начальное ядро существует, но для замены Unix недостаёт ещё очень многих возможностей.

Когда ядро и компилятор будут закончены, можно будет поставлять систему GNU, пригодную для разработки программ. Для вёрстки текста мы будем использовать TeX, но ведётся работа над nroff.

Мы также будем пользоваться свободной переносимой системой X Window. Затем мы добавим переносимый Общий Лисп, игру “Империя”, табличный процессор и сотни других вещей плюс документацию в электронном виде.

Мы надеемся Unix, и даже больше. GNU сможет выполнять программы Unix, но не будет идентична Unix. Мы внесём все улучшения, какие только будут уместны, опираясь на наш опыт работы с другими операционными системами.

В частности, мы планируем ввести длинные имена файлов, версии файлов, стойкую к сбоям файловую систему, поддержку терминально-независимых дисплеев, возможно, автоматическое завершение имён файлов, и, возможно, когда-нибудь — оконную систему на базе Лисп, в которой несколько программ на Лисп и обычных программ Unix могут разделять один экран.

В качестве системных языков программирования будут доступны как Си, так и Лисп. Для сетевых соединений мы попытаемся поддерживать протоколы UUCP, Internet, а также Chaosnet Массачусетского технологического института.

GNU изначально ориентирована на ЭВМ класса 68000/16000 с виртуальной памятью, поскольку на них проще всего заставить её работать.

Дополнительная работа для запуска её на меньших ЭВМ останется на долю того, кто захочет применять её на них.

Во избежание ужасной путаницы, пожалуйста, произносите *g* в слове “GNU”, когда оно обозначает этот проект.

Почему я должен писать GNU

Я принимаю во внимание, что золотое правило требует, что, если мне нравится программа, то я должен обмениваться ею с другими людьми, которым она нравится.

Программоторговцы хотят разделить пользователей и властвовать над ними, вынуждая у каждого пользователя согласие не обмениваться с другими.

Я отказываюсь нарушать таким образом солидарность с другими пользователями.

Я не могу без стыда подписать лицензионное соглашение программы или договор о неразглашении.

Я годами работал в Лаборатории искусственного интеллекта, чтобы сдерживать такие тенденции и другое недоброжелательство, но в конце концов они зашли слишком далеко: я не смог оставаться в институте, где такое делали за меня против моей воли.

Итак, чтобы иметь возможность продолжать пользоваться компьютерами без позора, я решил сложить вместе достаточную массу свободных программ с тем, чтобы я смог обойтись без любой несвободной программы. Я уволился из лаборатории, чтобы не оставить институту никакого законного повода удерживать меня от раздачи GNU.

Почему GNU будет совместима с Unix.

Unix для меня не идеал, но она не так уж плоха. В своих основах Unix представляется здоровой, и я думаю, я могу восполнить то, чего недостаёт Unix, не испортив этих основ.

А система, совместимая с Unix, будет удобна в освоении для многих.

Как GNU будет распространяться

GNU — не общественное достояние. Всем будет позволено править и распространять GNU, но никакому поставщику не позволят ограничить её дальнейшее распространение.

Другими словами, несвободные модификации будут запрещены.

Я хочу гарантировать, что все версии GNU останутся свободными.

Почему многие программисты хотят помочь

Я нашёл много программистов, которые сочувствуют GNU и хотят помочь.

Многие программисты обеспокоены коммерциализацией системных программ.

Она, может быть, и позволяет им заработать больше денег, но заставляет ощущать себя в отношении других программистов противниками, а не товарищами.

Краеугольный камень дружбы между программистами — обмен программами; типичные нынешние рыночные отношения по существу запрещают программистам относиться к другим, как к друзьям.

Покупатель программы должен выбирать между дружбой и подчинением закону. Естественно, многие решают, что дружба важнее.

Но тех, кто верит в закон, часто не устраивает ни то, ни другое.

Они становятся циничными и начинают думать, что программирование — это только способ получить деньги.

Разрабатывая и применяя GNU вместо несвободных программ, мы можем быть радушны ко всем и соблюдать закон.

К тому же GNU служит примером для вдохновения и знаменем, собирающим других, чтобы присоединиться к нашему обмену.

Это может дать нам ощущение гармонии, невозможное, когда мы используем программы, которые не свободны.

Примерно для половины всех программистов, которых я спрашивал, это важное слагаемое счастья, которое деньги заменить не могут.

Чем вы можете помочь

Я призываю производителей компьютеров приносить в дар машины и деньги. Я призываю частных лиц приносить в дар программы и труд.

Одно из последствий, которых вы можете ожидать от принесения в дар ЭВМ — что GNU скоро начнёт на них работать.

ЭВМ должны быть полностью укомплектованными, готовыми для работы системами, пригодными для работы в жилых помещениях и не нуждающимися в хитроумных системах охлаждения или питания.

Я нашёл очень много программистов, рвущихся работать по совместительству для GNU.

Для большинства проектов такую частичную занятость очень трудно координировать; независимо написанные части не стали бы работать вместе.

Но конкретно для задачи замены Unix этой проблемы нет.

Полная система Unix содержит сотни утилит, каждая из которых документируется отдельно.

Большинство спецификаций взаимодействия определяется совместимостью с Unix.

Если каждый участник сможет написать совместимую замену своей утилиты Unix и добьётся, чтобы она должным образом работала на месте оригинала в системе Unix, тогда эти утилиты заработают правильно, когда их сложат вместе.

Даже допуская по закону Мерфи возникновение небольшого числа неожиданных проблем, собрать эти компоненты будет осуществимой задачей. (Ядро потребует более тесного общения. Над ним будет работать небольшая сплочённая группа.)

Если я буду получать денежные пожертвования, я смогу нанять немного людей на полный рабочий день или по совместительству.

Заработок не будет высок по понятиям программистов, но я ищу людей, для которых создание атмосферы товарищества так же важно, как получение денег.

Я рассматриваю это как способ дать возможность самоотверженным людям посвятить все свои силы работе над GNU, избавив их от нужды зарабатывать на жизнь другим способом.

Чем это будет полезно всем пользователям компьютеров Как только GNU будет написана, каждый сможет получить хорошее системное программное обеспечение так же свободно, как воздух.

Это значит гораздо больше, чем просто сохранение для каждого стоимости лицензии Unix.

Это означает, что будет покончено с расточительнейшим дублированием труда системных программистов.

Вместо этого их труд может пойти на развитие уже существующего.

Полные исходные тексты системы будут доступны каждому.

В результате пользователь, которому потребуются изменения в ней, всегда сможет внести их сам или подрядить любого доступного программиста или компанию внести их для него.

Пользователям не придётся больше ждать милостей от одного программиста или компании, владеющей исходными текстами и прерогативой вносить изменения.

Учебные заведения смогут предоставить гораздо более богатую образовательную среду, поощряя всех студентов изучать и улучшать систему.

В Гарвардской вычислительной лаборатории было правило, что в системе нельзя устанавливать никакую программу, если её исходные тексты не выставлены на общее обозрение.

Для этого им приходилось отказываться от установки определённых программ.

Я был в значительной мере вдохновлён этим.

Наконец, сложности разбирательств по поводу того, кто владеет системными программами и что ему дозволено, а что не дозволено делать с ними, будут сняты.

Средства заставить людей платить за пользование программой, включая лицензирование копий, всегда обходятся обществу весьма дорого из-за громоздких механизмов, необходимых для выяснения, сколько (то есть, за какие программы) кто должен платить.

И только полицейское государство может принудить каждого подчиняться им.

Представьте себе космическую станцию, где воздух приходится вырабатывать по высокой цене.

Может быть, взимание платы за каждый литр со всех, кто дышит, справедливо, однако носить противогаз со счётчиком весь день и всю ночь невыносимо, если даже каждый может оплатить счёт за воздух.

А телекамеры повсюду, чтобы проследить за тем, не снимаете ли вы противогаз, возмутительны.

Лучше содержать воздушный завод поголовным налогом и сбросить противогазы.

Копирование всех частей программы так же естественно для программиста, как дыхание, и так же продуктивно.

Оно должно быть так же свободно.

Некоторые легко отмечаемые возражения против целей GNU

“Никто не будет применять свободную систему, потому что они не смогут рассчитывать ни на какую поддержку” “Приходится брать плату за программу, чтобы оплатить поддержку”

Раз люди готовы скорее платить за GNU вместе с обслуживанием, чем взять GNU свободной без обслуживания, предприятие, предоставляющее только обслуживание людям, получившим GNU свободно, должно быть прибыльным.

Нужно различать поддержку в виде настоящего программирования от простой помощи в работе. Первую нельзя надеяться получить от производителя программ.

Если ваша проблема не касается достаточного числа людей, производитель попросит вас отвязаться.

Если для вашего дела требуется уверенность в поддержке, единственный способ — иметь все необходимые исходные тексты и средства разработки.

Тогда вы сможете нанять любое незанятое лицо и устранить проблему; вы не зависите от кого-то одного.

Цены на исходные тексты Unix выносят это за рамки обсуждения для большинства предприятий. С GNU это станет легко.

Тут всё ещё возможно, что не найдётся незанятого компетентного лица, но порядок распространения тут ни при чём.

GNU не решает всех мировых проблем, только некоторые из них.

В то же время пользователи, ничего не знающие о компьютерах, нуждаются в помощи: выполнении за них того, что они сами легко бы сделали, но не знают, как.

Такие услуги могли бы предоставлять компании, торгующие только услугами по ремонту и помощи.

Если верно, что пользователи готовы потратить деньги, чтобы получить продукт с поддержкой, то они точно так же захотят купить услуги, получив продукт свободным. Компании по обслуживанию будут конкурировать по качеству и цене.

Пользователи не будут привязаны к какой-нибудь одной. В то же время те из нас, кому не нужны эти услуги, смогут пользоваться программой без оплаты услуг.

“Вы не станете популярны без рекламы, а для этого придётся взимать плату за программу”

“Нет смысла рекламировать программу, которую можно получить свободно”

Есть различные формы бесплатного или очень дешёвого получения известности, которые можно применить для оповещения множества пользователей компьютеров о чём-нибудь вроде GNU.

Но может быть, рекламой можно получить больше пользователей микрокомпьютеров.

Если это действительно так, то предприятие, рекламирующее услуги по копированию и пересылке GNU за плату, должно быть достаточно жизнеспособным, чтобы оплатить рекламу и прочее.

Таким образом, за рекламу платят только те, кому она полезна.

С другой стороны, если многие получают GNU от своих знакомых, и такие компании не будут иметь успеха, это покажет, что на самом деле реклама не нужна для распространения GNU.

Почему это приверженцы свободного рынка не хотят позволить решить это свободному рынку?

“Моей компании нужна фирменная операционная система, чтобы быть впереди конкурентов”

GNU удалит программы операционной системы из царства конкуренции.

Вы не сможете быть впереди всех в этой области, но и ваши конкуренты не смогут обогнать вас.

Вы будете конкурировать с ними в других областях, получая взаимную выгоду в этой.

Если вы торгуете операционной системой, GNU вам не понравится, тут вам не повезло.

Если вы занимаетесь чем-то другим, GNU не даст вас втянуть в дорогостоящее дело торговли операционными системами.

Я хотел бы увидеть, как разработку GNU поддерживают дары многих производителей и пользователей, снижая стоимость для каждого.

“Разве программисты не заслуживают награды за творчество?”

Если что-то и заслуживает награды, то это заслуги перед обществом.

Творчество может быть заслугой перед обществом, но только в той степени, в какой общество вольно использовать результаты.

Если программисты заслуживают награды за создание передовых программ, то по этой же причине они заслуживают наказания, если они ограничивают пользование этими программами. “Не должна ли у программиста быть возможность просить вознаграждения за своё творчество?” Нет ничего дурного ни в желании получить плату за работу, ни в стремлении максимизировать свои доходы до тех пор, пока применяемые средства не разрушительны.

Но средства, обычные в отрасли программного обеспечения сегодня, основаны на разрушении. Вытягивание денег из пользователей программы ограничениями на её применение разрушительно, потому что ограничения снижают количество способов применения этой программы.

Это снижает количество богатства, которое человечество извлекает из программы. Когда на ограничения идут умышленно, вредные последствия — это умышленное разрушение.

Причина, по которой порядочный гражданин не применяет такие разрушительные средства для обогащения, — то, что если бы так поступал каждый, мы все стали бы беднее от взаимного разрушения.

Это кантовская этика, или золотое правило.

Поскольку мне не нравятся последствия, возникающие, если все скрывают информацию, мне приходится считать, что поступать так дурно.

В частности, желание быть вознаграждённым за своё творчество не оправдывает лишение мира в целом всего или части этого творчества.

“Не будут ли программисты голодать?”

Я мог бы ответить, что никого не заставляют быть программистом.

Большинство из нас не могут получить сколько-нибудь денег, стоя на улице и делая жалобное лицо.

Но это не означает, что мы приговорены проводить нашу жизнь, прося подаяния и голодая. Мы делаем что-нибудь другое.

Но это плохой ответ, потому что он принимает неявное предположение спрашивающего: что без собственности на программы программисты, возможно, не получают ни гроша.

Предполагается, всё или ничего.

Настоящая причина, по которой программисты не будут голодать — то, что они всё равно смогут получать плату за программирование, только не так много, как сейчас.

Ограничение копирования — не единственное, на чём могут быть основаны предприятия по производству программ.

На это опираются чаще всего, потому что это приносит больше всего денег.

Если это было бы запрещено или отвергнуто клиентом, программное предпринимательство перешло бы на другие принципы организации, которые сейчас привлекаются реже.

Всегда есть многочисленные способы организации предприятий любого рода.

Возможно, программирование на новой основе не будет так доходно, как сейчас.

Но это не аргумент против замены.

Не считается несправедливостью, что продавцы получают зарплату, какую они сейчас получают.

Если бы программисты получали столько же, это тоже не было бы несправедливостью. (На практике они получали бы всё-таки значительно больше этого.)

“Разве люди не имеют права контролировать, как используется их творчество?”

“Контроль использования собственных идей” в действительности представляет собой контроль над жизнью людей; и обычно его используют, чтобы затруднить им жизнь.

Те, кто тщательно изучил вопрос о правах на интеллектуальную собственность (как, например, юристы), говорят, что нет никаких естественных прав на интеллектуальную собственность.

Те виды так называемых прав на интеллектуальную собственность, которые признаются государством, созданы особыми правовыми актами для особых целей.

Например, патентная система была учреждена, чтобы поощрять изобретателей к обнародованию деталей своих изобретений.

Её назначением было помогать обществу, а не изобретателям. Тогда срок действия патента, 17 лет, был мал по сравнению с темпом прогресса.

Поскольку патенты имеют значение только между производителями, от которых заключение лицензионного договора требует гораздо меньших средств и усилий, чем налаживание производства, то патенты часто не наносят много вреда. Они не обременяют большинство частных лиц, пользующихся патентованными продуктами. Идея авторских прав не существовала в древности, когда авторы часто без ограничения копировали других авторов в нехудожественных работах. Эта практика была полезна, и только так работы многих авторов сохранились хотя бы частично. Система авторских прав создана специально в целях поощрения авторства. В отрасли, для которой она была разработана, книгопечатания, где копировать было целесообразно только на печатном станке, вреда от неё было не много, и она не обременяла большинство лиц, читавших книги. Все права на интеллектуальную собственность — это только дозволения, данные обществом, потому что считалось, верно или неверно, что общество в целом выиграет от этого. Но в каждом конкретном случае мы должны спросить: действительно ли мы выигрываем, давая такое дозволение? Какого рода действия мы дозволяем? Положение с программами сегодня сильно отличается от книгопечатания сто лет назад. Тот факт, что программу проще всего копировать от соседа к соседу, тот факт, что у программы есть отличный друг от друга исходный текст и выполняемый объектный код, тот факт, что программу применяют, а не читают и наслаждаются ею, — всё это, соединяясь, создаёт положение, в котором личность, требующая соблюдения авторских прав, вредит обществу в целом и материально, и морально; в котором личность не должна этого делать независимо от того, позволяет ли это закон. “Конкуренция ведёт к прогрессу” Характерный пример конкуренции — бег: награждая победителя, мы поощряем каждого бегать быстрее. Когда капитализм так и работает, он делает доброе дело; но его защитники ошибаются, полагая, что он всегда так работает. Если бегуны забывают, за что даётся награда, и стремятся к победе любыми средствами, они могут найти другие стратегии — например, нападение на других бегунов. Если бег перейдёт в кулачный бой, они все придут поздно. Несвободные и секретные программы нравственно эквивалентны дерущимся бегунам. Как ни печально, единственный наш судья, кажется, не против драк; он только сдерживает их (“На каждые десять метров пробега только один удар”). На самом деле он должен разнять их и наказать бегунов за одну только попытку затеять драку. “Разве без денежного стимула все не прекратят программировать?” На самом деле многие будут программировать абсолютно безо всякого денежного стимула. Программирование непреодолимо влечёт некоторых людей, обычно — тех, кому это удаётся лучше всех. Нет недостатка в профессиональных музыкантах, которые продолжают заниматься этим, даже когда у них нет надежды заработать этим на жизнь. Но в действительности, хотя этот вопрос и часто задают, он не соответствует положению дел. Платить программистам не перестанут, просто плата станет меньше. Так что правильный вопрос — “будет ли кто-нибудь программировать при снижении денежного стимула?” По моему опыту, будут. Более чем десять лет многие из лучших в мире программистов трудились в Лаборатории искусственного интеллекта за гораздо меньшие деньги, чем они могли бы получать где-нибудь в другом месте. У них было много разного рода неденежных вознаграждений: слава и признание, например. Кроме того, творчество — это удовольствие и награда само по себе. Затем большинство из них ушло, когда представился случай делать ту же интересную работу и получать много денег.

Факты говорят, что люди программируют не ради богатства, но если дать возможность при этом заработать много денег, они привыкнут ожидать и требовать этого.

Низкооплачивающие организации проигрывают высокооплачивающим, но они могли бы быть на том же уровне, если бы высокооплачивающие были запрещены.

“Мы крайне нуждаемся в программистах; если они требуют, чтобы мы прекратили помогать ближнему своему, мы должны повиноваться”

Никогда не бывает такой крайней нужды, чтобы приходилось повиноваться подобного рода требованиям.

Помните: “Лучше миллионы потратить на оборону, чем выплатить хоть один цент контрибуции!”

“Должны же программисты чем-то жить!”

На первый взгляд, это верно.

Однако, есть множество способов, которыми программисты могли бы заработать на жизнь без продажи права пользоваться программой.

Сейчас этот способ обычен, потому что он приносит программистам и предпринимателям больше всего денег, а не потому, что это — единственный способ заработать на жизнь.

Если вы захотите, то легко найдёте другие пути. Вот несколько примеров.

Производитель, выпускающий новый компьютер, заплатит за перенос операционной системы на новую аппаратуру.

Предприятие, предоставляющее услуги по обучению, помощи и поддержке, могло бы также нанять программистов.

Люди с новыми идеями могли бы поставлять бесплатные программы, принимая дары от довольных пользователей или продавая услуги по помощи. Я встречал людей, которые уже успешно работают так. Пользователи со сходными нуждами могут образовывать союзы пользователей и платить взносы. Союз заключал бы с программистскими компаниями договора на выпуск программ, которые члены союза хотели бы получить.

Все виды разработок можно финансировать программными налогами:

Допустим, каждый, кто покупает компьютер, должен платить N процентов стоимости как программный налог.

Правительство передаёт его агентству вроде Национального научного фонда для вклада в развитие программ. Но если покупатель сам совершает пожертвование на развитие программ, он может зачесть это в счёт налога.

Он может поддержать любой проект по своему выбору — часто выбирая тот, результаты которого он надеется использовать по завершении. Он может зачесть любое количество пожертвований, вплоть до выплаты налога полностью.

Размер налога мог бы определяться голосованием налогоплательщиков, взвешенным в соответствии с облагаемой суммой.

Последствия:

Общество пользователей компьютеров поддерживает разработку программ.

Это общество определяет необходимый уровень поддержки. Пользователи, которым безразлично, на какие проекты потратят их долю, могут выбрать это сами.

В долгосрочной перспективе освобождение программ — шаг к миру без бедности, где никому не придётся выбиваться из сил только для того, чтобы заработать на жизнь.

Люди будут вольны посвятить себя таким любимым занятиям, как программирование, уделяв десяток обязательных часов в неделю таким необходимым задачам, как законодательство, планирование семьи, починка роботов и противоастероидная безопасность.

Там не нужна будет возможность зарабатывать на жизнь программированием.

Мы уже сильно увеличили производительность труда в обществе в целом, но только малая часть полученных ресурсов пошла на досуг трудящихся, потому что производительную деятельность приходится сопровождать большим количеством деятельности непроизводительной.

Главные причины этого — бюрократия и повсеместная конкурентная борьба.

Свободные программы сильно снизят эти потери в отрасли производства программ.

Мы должны это сделать, чтобы умноженная техникой производительность обращалась в сокращение нашей работы.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выполнение заданий для самостоятельной работы является обязательным условием для получения зачета по данному курсу, работы предоставляются в электронном виде в формате WORD.

Объем выполненной работы – не менее 10 страниц вместе с иллюстрациями, обязательно указание источников информации (ссылки на сайты).

Порядок оформления работы;

1. Создать папку с названием работы, группы, фамилии автора и даты. Внутри папки должна быть папка «рисунки» и документ WORD.
2. Простой метод создания рисунков;
Запустить Стандартные – PowerPoint, свернуть. Выбрать картинку на экране, Нажать PrtSc, в PowerPoint – правка- вставить как новое изображение – инструменты – прямоугольник – обрезать по выделению – сохранить как № рисунка в папку «рисунки».
В документе WORD - вставка – рисунок – выбрать рисунок – вставить в нужном месте – масштабировать до разумных размеров – сохранить.

Введение

1. Какова доля оборудования RepRap в общем объеме 3D - принтеров на рынке?
Почему открытые проекты развиваются быстрее фирменных разработок?
2. Имеете ли вы право использовать чужую запатентованную разработку в своем проекте?
Что такое лицензия GNU?
Каково влияние оборудования RepRap на экологию и экономику?
3. Опишите, каким образом вы можете использовать 3D- принтер для удовлетворения личных потребностей.

Какие технологии создания предметов применяются при 3D- печати?

4. Опишите различные технологии аддитивного производства.
Какая из них вам больше нравится и почему?

Как устроен 3D–принтер REPRAP?

5. Из ресурсов Интернет выберите одну из версий 3D – принтера и объясните, почему она вам кажется наиболее интересной? Укажите её сильные и слабые стороны.
6. Выберите наиболее интересный вам вариант исполнения экструдера (HotEnd) для 3D – принтера. Объясните его преимущества по сравнению и другими конструкциями.

Узлы линейного перемещения (АКТУАТОРЫ)

7. Найдите различные варианты исполнения узлов линейного перемещения (DIY и промышленного изготовления) и проанализируйте их плюсы и минусы, а также доступность.

Рама (ШАССИ) 3D- принтера

8. Как в п.5 выберите вариант исполнения рамы 3D – принтера и объясните, почему такой вариант вы считаете наиболее приемлемым?

Рабочая платформа

9. Выберите вариант исполнения рабочей платформы 3D – принтера и объясните, почему вы считаете его наиболее приемлемым?

Электроника

10. Самостоятельно найдите описание устройства и принципов работы шаговых двигателей. Укажите наиболее важные параметры, по которым следует выбирать модель двигателя для ранее выбранной вами версии 3D – принтера.
11. Есть ли иные открытые варианты исполнения управляющей электроники, кроме Arduino – подобных, какие из них представляют для вас интерес, и почему?
12. Предложите наиболее оптимальный тип датчиков начального положения для ранее выбранной вами версии 3D – принтера. Какие ещё типы датчиков можно использовать?
13. Какие типы дисплеев можно использовать в конструкции 3D – принтера? Какой из них вам наиболее интересен и почему?
14. Выберите конкретную модель блока питания для ранее выбранной вами версии 3D – принтера. Почему вы считаете эту модель оптимальной?
15. Какие есть варианты доступных контроллеров шаговых двигателей кроме Pololu, в чём их преимущества?

Проводка RepRap; подключения и соединения

16. Предложите свой вариант выполнения проводки для ранее выбранной вами версии 3D – принтера. Выберите конкретный тип проводов и шлейфов, исходя из параметров подключаемых цепей 3D – принтера.
17. Выберите типы соединительных разъёмов и клемм для создания проводки и укажите необходимое их количество.

Основной ресурс - <http://reprap.org>, другие ресурсы Интернет

Обязательно сохраните свои наработки, они помогут вам в дальнейшем при практической эксплуатации 3D – принтера!